

# **INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE OCCIDENTE**

Reconocimiento de validez oficial de estudios de nivel superior según acuerdo secretarial 15018,  
publicado en el Diario Oficial de la Federación el 29 de noviembre de 1976.

---

Departamento del Hábitat y Desarrollo Urbano  
**MAESTRÍA EN PROYECTOS Y EDIFICACIÓN SUSTENTABLES**



## **“Sistema Experimental de Acondicionamiento Térmico Mediante Manejo Microclimático para Vivienda de Culiacán”**

Trabajo recepcional que para obtener el grado de

**MAESTRO EN PROYECTOS Y EDIFICACIÓN SUSTENTABLES**

Presenta: Arq. Heriberto Soberanes Arredondo

Tutor: Mtro. Arq. Antonio Penagos Arenas

Tlaquepaque, Jalisco. Noviembre de 2016.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por otorgarme la beca como parte del Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNCP), mediante la cual tuve la oportunidad de realizar mis estudios a nivel maestría.

Agradezco también al Mtro. Heriberto Soberanes Lugo, Mtro. Arq. Antonio Penagos Arenas, al Dr. En Biotecnología José Saturnino Díaz, al Mtro. Francisco Álvarez Partida, al Dr. Víctor Armando Fuentes Freixanet, al Ing. Rogelio Sánchez Bañuelos, al Mtro. Arq. y M. en C. Hugo Andrés Testolini Deza, a la Dr. Michele Brennan Bourdon, al Mtro. Gilberto López Valdez, al Mtro. Miguel Cázares Munguía, al Ing. Eduardo Soberanes Lugo, al Mtro. Biólogo José Gerardo Bojórquez, al Mtro. Oscar Humberto Castro Mercado, al Jardín Botánico de Culiacán y a su directora: la M. en C. Érika Pagaza Calderón. A todos ellos por su apoyo desinteresado tanto en lo personal como en lo académico, por compartir conmigo sus conocimientos, por permitirme ampliar mis criterios, por sus participaciones activas dentro del proyecto y por tener todo tipo de atenciones para conmigo.

Finalmente, destaco y agradezco el apoyo de la Dra. Sarah Obregón Davis, coordinadora de los posgrados en sustentabilidad del ITESO, por su excelente labor, atenciones y confianza.

A mis padres: Isela y Heriberto  
a mi hermano Chris  
a mi compañera Lulú

y a mi amigo Jorge Guillermo Retes  
*el Koki* (QEPD) que, además de  
haber sido uno de mis más grandes  
amigos, colaboró con el proyecto  
que aquí se presenta.

# ***“Sistema Experimental de Acondicionamiento Térmico Mediante Manejo Microclimático para Vivienda de Culiacán”***

## **Resumen**

En muchas áreas urbanas, el clima cálido sumado a la plancha de concreto urbana, el crecimiento urbano no planeado y la deforestación de plantas nativas crean un efecto de “isla de calor”, como consecuencia la gente sufre de estrés térmico y/o de perjuicios en la salud debido a los cambios drásticos térmicos experimentados al entrar o salir de lugares acondicionados artificialmente.

Este trabajo desarrolla e implementa un sistema experimental de acondicionamiento térmico para una vivienda de Culiacán que utiliza herramientas arquitectónicas pasivas, dispositivos de bajo impacto ambiental, aprovechamiento de radiación solar, así como la acción en conjunto de plantas cuidadosamente seleccionadas que, mediante evapotranspiración, sombra, humedad y corrientes de aire, generan un microclima en el patio de la misma, dicho microclima es forzado a situarse en el interior de la vivienda mediante convección creada por una chimenea solar, disminuyendo así la temperatura del aire interior en la vivienda.

Los resultados mostraron disminuciones térmicas de hasta 7.5°C y diferencias térmicas de hasta 10°C entre el interior de la vivienda y el exterior, logrando con eso mitigar al estrés higrotérmico del huésped durante el período cálido del año de la ciudad, así como importantes reducciones en el consumo eléctrico de la vivienda gracias al sistema propuesto.

Este sistema alternativo funciona para regiones cálido-secas y cálido-húmedas y está diseñado para reducir la temperatura interior de la vivienda, mejorar la calidad interior del aire, reducir el consumo eléctrico provocado por el uso de sistemas de acondicionamiento de aire convencionales. Finalmente, es una propuesta sustentable de resiliencia y adaptación para los asentamientos humanos hacia los nuevos retos dentro del contexto del cambio climático global.

## **Palabras clave**

*Sustentabilidad, enfriamiento evaporativo, enfriamiento pasivo de edificios, naturación urbana y de arquitectura, bioclimatismo.*



# ***"Experimental system of thermal conditioning by microclimatic management for housing in Culiacan"***

## **Abstract**

In many urban areas, hot weather, deforestation and the presence of concrete pavements, collect and trap the sun's energy producing a high amount of heat known as the urban heat island effect. Consequently, thermal stress and several health afflictions are generally suffered by people as a result of being exposed to the sun and/or abrupt changes of temperature caused by moving from indoor conditioned spaces to an outdoor environment and vice versa. Moreover, in addition to the high electric demand as a result of the excess use of air conditioning systems, high CO<sub>2</sub> emissions are produced.

The objective of this work is demonstrate a new adaptation strategy to climate change through the implementation of an alternative thermal conditioning system for a house located in Culiacan, Sinaloa, Mexico. This experimental system used passive strategies in architectural design based on low environmental impact methods, harnessing of solar radiation, evapotranspiration (ET) from carefully selected local plants, as well as shading and humidity treatments to generate a microclimate in the courtyard of the house. This microclimate was forced inside the house through a convective action produced by a solar chimney and low environmental impact devices.

Results showed that this alternative system provided thermal reductions up to 7.5°C and created thermal differences up to 10°C between the internal areas of the house and the external conditions. The proposed system also showed that heat stress mitigation and a reduction in the energy consumption produced by conventional air conditioning systems, were achieved.

The alternative thermal conditioning system is useful for hot-dry or hot-humid cities or regions and it could be used for new needed forms of resilience and adaption of human settlements in the context of climate change.

## **Key words:**

*Sustainability, passive cooling of building, architectural naturation, bioclimatic design, microclimate management system.*

## ***ÍNDICE DE CONTENIDOS***

<b>1. PLANTEAMIENTO DEL TEMA</b>	<b>1</b>
1.1 Delimitación del objeto de desarrollo o innovación	1
1.1.1 Definición de términos	5
1.2 Delimitación de la situación-problema	7
1.2.1 Dimensión cuantitativa	12
1.2.2 Dimensión cualitativa	14
1.3 Justificación e importancia del proyecto	16
<b>2 MARCO TEÓRICO</b>	<b>18</b>
2.1 Antecedentes empíricos del tema	18
2.2 Referencias conceptuales del tema	30
<b>3 DISEÑO METODOLÓGICO</b>	<b>42</b>
3.1 Supuesto de trabajo	42
3.2 Preguntas generadoras	42
3.3 Objetivos	44
3.4 Elección metodológica	46
3.5 Selección de técnicas y diseño de instrumentos	47
3.6 Cronograma de trabajo	50
<b>4 ANÁLISIS, DESARROLLO DE LA PROPUESTA Y RESULTADOS</b>	<b>51</b>
4.1 Análisis de sitio y del entorno	51
4.1.1 Contexto geográfico	51
4.1.2 Medio natural	55
4.1.3 Medio artificial	65
4.2 Climatología	67
4.2.1 Mesoclima	67
4.2.2 Datos climatológicos	69
4.2.3 Análisis climático paramétrico	72
4.3 Análisis de Geometría Solar	85
4.4 Análisis bioclimático	86
4.5 Análisis del edificio	95
4.6 Hallazgos aprovechables	104
4.7 Diseño aplicativo de la solución	119

4.7.1 Estrategia general	119
4.7.2 Evapotranspiración y generación microclimática	123
4.7.3 Barreras de contención microclimática	125
4.7.4 Chimenea solar	126
4.7.5 Ventilación artificial	138
4.7.6 Fases de experimentación	139
4.8 Proceso de implementación, experimentación y resultados	146
4.8.1 Selección de plantas a implementar	146
4.8.2 Establecimiento de la referencia “Día Cálido Tipo” (DCT)	152
4.8.3 Aplicación de malla sombra	157
4.8.4 Corrección de malla sombra	161
4.8.5 Chimenea solar	164
4.8.6 Incorporación de plantas	169
4.8.7 Ejecución del Sistema Experimental de Acondicionamiento Térmico	172
4.9 Resultados de experimento	253
4.10 Costo del proyecto	257
4.11 Consumos, emisiones de CO <sub>2</sub> equivalente (CO <sub>2e</sub> ) y comparaciones	260
4.12 Factibilidad y validación	266
4.13 Escenarios futuros del clima mundial	300
<b>5 CRITERIOS DE REPLICABILIDAD</b>	306
<b>6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	309
<b>7 FUENTES CONSULTADAS</b>	315
<b>8 ANEXOS</b>	3277

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1	Características de las regiones hidrológicas, 2014. Fuente: CONAGUA, 2015.	61
Tabla 2	Información de AGEB que contiene a la vivienda huésped de experimento. Fuente: INV, 2015 con información del Censo de Población y Vivienda de 2010 del INEGI.	66
Tabla 3	Datos climatológicos. Elaboración propia usando el software Bioclimatic Analysis Tool (BAT).	70
Tabla 4	Tabla 4. Vientos. Elaboración propia utilizando el software BAT. Fuente: Atlas del Agua de la República Mexicana, S.R.H. México, 1976. Documento proporcionado por el Dr. Víctor Armando Fuentes Freixanet.	71
Tabla 5	Parámetros de análisis solar. Fuente: Elaboración propia, utilizando herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT) con información del libro "Cálculo de la Radiación Solar Instantánea en la República Mexicana" de Fernández Zayas y Estrada-Cajigal.	85
Tabla 6	Tablas de Mahoney. Fuente: Elaboración propia, utilizando herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT).	89
Tabla 7	PVM-PPD de Culiacán, Sinaloa. Fuente: Elaboración propia, utilizando herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT).	92
Tabla 8	Promedios resultantes para la elaboración del DCT. Fuente: elaboración propia.	153
Tabla 9	Resultados comparativos del DCT. Fuente: propia.	156
Tabla 10	Comparación de datos de temperatura y HR para las cuatro zonas de estudio. Fuente: elaboración propia.	157
Tabla 11	Registros de temperatura y humedad del 15 de septiembre de 2016. Fuente propia.	162
Tabla 12	Registro de valores de temperatura y HR del día 20 de septiembre de 2016. Fuente: propia.	173
Tabla 13	Comparativa no. 1 del día 1 de Fase A. Fuente: propia.	175
Tabla 14	Comparativa no. 2 del día 1 de Fase A. Fuente: propia.	176
Tabla 15	Registro de valores de temperatura y HR del día 21 de septiembre de 2016. Fuente: propia.	179
Tabla 16	Comparativa no. 1 del día 2 de Fase A. Fuente: propia.	181
Tabla 17	Comparativa no. 2 del día 2 de Fase A. Fuente: propia.	182
Tabla 18	Registro de valores de temperatura y HR del día 23 de septiembre de 2016. Fuente: propia.	184
Tabla 19	Comparativa no. 1 del día 3 de Fase A. Fuente: propia.	187
Tabla 20	Comparativa no. 2 del día 3 de Fase A. Fuente: propia.	187
Tabla 21	Registro de valores de temperatura y HR del día 24 de septiembre de 2016. Fuente: propia.	190
Tabla 22	Comparativa no. 1 del día 4 de Fase A. Fuente: propia.	193
Tabla 23	Comparativa no. 2 del día 4 de Fase A. Fuente: propia.	193
Tabla 24	Registro de valores de temperatura y HR del día 25 de septiembre de 2016. Fuente: propia.	197
Tabla 25	Comparativa no. 1 del día 5 de Fase A. Fuente: propia.	199
Tabla 26	Comparativa no. 2 del día 5 de Fase A. Fuente: propia.	200
Tabla 27	Registro de valores de temperatura y HR del día 30 de septiembre de 2016. Fuente: propia.	202
Tabla 28	Comparativa no. 1 del día 1 de Fase B. Fuente: propia.	204
Tabla 29	Comparativa no. 2 del día 1 de Fase B. Fuente: propia.	205
Tabla 30	Registro de valores de temperatura y HR del día 1 de octubre de 2016. Fuente: propia.	207
Tabla 31	Comparativa no. 1 del día 2 de Fase B. Fuente: propia.	209
Tabla 32	Comparativa no. 2 del día 2 de Fase B. Fuente: propia.	210
Tabla 33	Registro de valores de temperatura y HR del día 3 de octubre de 2016. Fuente: propia.	212
Tabla 34	Comparativa no. 1 del día 3 de Fase B. Fuente: propia.	214
Tabla 35	Comparativa no. 2 del día 3 de Fase B. Fuente: propia.	215
Tabla 36	Registro de valores de temperatura y HR del día 5 de octubre de 2016. Fuente: propia.	217
Tabla 37	Comparativa no. 1 del día 4 de Fase B. Fuente: propia.	219
Tabla 38	Comparativa no. 2 del día 4 de Fase B. Fuente: propia.	220
Tabla 39	Registro de valores de temperatura y HR del día 7 de octubre de 2016. Fuente: propia.	223
Tabla 40	Comparativa no. 1 del día 1 de Fase D. Fuente: propia.	225
Tabla 41	Comparativa no. 2 del día 1 de Fase D. Fuente: propia.	226
Tabla 42	Registro de valores de temperatura y HR del día 8 de octubre de 2016. Fuente: propia.	228
Tabla 43	Comparativa no. 1 del día 2 de Fase D. Fuente: propia.	230
Tabla 44	Comparativa no. 2 del día 2 de Fase D. Fuente: propia.	231
Tabla 45	Registro de valores de temperatura y HR del día 9 de octubre de 2016. Fuente: propia.	233
Tabla 46	Comparativa no. 1 del día 3 de Fase D. Fuente: propia.	235
Tabla 47	Comparativa no. 2 del día 3 de Fase D. Fuente: propia.	235
Tabla 48	Registro de valores de temperatura y HR del día 10 de octubre de 2016. Fuente: propia.	238
Tabla 49	Comparativa no. 1 del día 4 de Fase D. Fuente: propia.	241
Tabla 50	Comparativa no. 2 del día 4 de Fase D. Fuente: propia.	241
Tabla 51	Registro de valores de temperatura y HR del día 11 de octubre de 2016. Fuente: propia.	244
Tabla 52	Comparativa no. 1 del día 5 de Fase D. Fuente: propia.	246

Tabla 53	Comparativa no. 2 del día 5 de Fase D. Fuente: propia.	246
Tabla 54	Registro de valores de temperatura y HR del día 12 de octubre de 2016. Fuente: propia.	249
Tabla 55	Comparativa no. 1 del día 6 de Fase D. Fuente: propia.	251
Tabla 56	Comparativa no. 2 del día 6 de Fase D. Fuente: propia.	251
Tabla 57	Resultados térmicos del Sistema Experimental de Acondicionamiento Térmico Mediante Manejo Microclimático. Fuente: propia.	256
Tabla 58	Materiales constructivos utilizados en el proyecto. Fuente: propia.	258
Tabla 59	Mano de obra contratada para el proyecto. Fuente: propia.	258
Tabla 60	Plantas utilizadas en el proyecto. Fuente: propia.	259
Tabla 61	Dispositivos eléctricos de ventilación utilizados en el proyecto. Fuente: propia.	259
Tabla 62	Costo total proyecto. Fuente: propia.	259
Tabla 63	Consumo de ventilador Taurus modelo "Ponent 16C Elegance". Fuente: propia.	260
Tabla 64	Consumo de dos ventiladores. Fuente: propia.	261
Tabla 65	Consumos de minisplit Mirage X3. Fuente: propia.	262
Tabla 66	Emisiones de CO2 equivalentes mensuales por sistema. Fuente: propia.	264
Tabla 67	Consumo hídrico mensual del proyecto. Fuente: propia.	265
Tabla 68	Criterios e indicadores. Fuente: propia.	269
Tabla 69	Formato de puntaje participativo. Fuente: propia.	274
Tabla 70	Tabla de enfermedades por cambios drásticos térmicos. Fuente: propia.	279
Tabla 71	Evaluación de sistemas	295
Tabla 72	Árboles utilizados en el proyecto. Fuente: propia.	306
Tabla 73	Arbustos utilizados en el proyecto. Fuente: propia.	307
Tabla 74	Plantas tapizantes utilizadas en el proyecto. Fuente: propia.	307
Tabla 75	Tabla de observables. Fuente: propia.	409

#### ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1	Temperatura y umbral de confort térmico. Fuente: Elaboración propia, utilizando herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT).	72
Gráfica 2	Humedad Relativa (% HR) y umbral de confort térmico. Fuente: Elaboración propia, utilizando herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT).	73
Gráfica 3	Precipitación evaporación y umbral de confort térmico. Fuente: Elaboración propia, utilizando herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT).	74
Gráfica 4	Radiación solar. Fuente: Elaboración propia, utilizando herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT).	75
Gráfica 5	Radiación solar total (RSg) horaria. Fuente: Elaboración propia, utilizando herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT).	76
Gráfica 6	Radiación solar directa (RSb) horaria. Fuente: Elaboración propia, utilizando herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT).	76
Gráfica 7	Radiación solar difusa (RSd) horaria. Fuente: Elaboración propia, utilizando herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT).	76
Gráfica 8	Días grado (DG). Fuente: Elaboración propia, utilizando herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT).	77
Gráfica 9	Viento, velocidad media y máxima mensuales. Fuente: Elaboración propia, utilizando herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT).	78
Gráfica 10	Dirección del viento de enero a junio. Fuente: Elaboración propia, utilizando herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT).	79
Gráfica 11	Dirección del viento de julio a diciembre. Fuente: Elaboración propia, utilizando herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT).	81
Gráfica 12	Rosa octogonal de viento. Fuente: Elaboración propia, utilizando herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT).	83
Gráfica 13	Fenómenos especiales. Fuente: Elaboración propia, utilizando herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT).	84
Gráfica 14	Altura solar. Fuente: Elaboración propia, utilizando herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT).	85
Gráfica 15	Triángulos de confort: oscilación térmica. Fuente: Elaboración propia, utilizando herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT).	86
Gráfica 16	Triángulos de confort: estrategias bioclimáticas. Fuente: Elaboración propia, utilizando herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT).	87
Gráfica 17	Índice ombrotérmico. Fuente: Elaboración propia, utilizando herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT).	88
Gráfica 18	Diagrama bioclimático de Olgyay. Fuente: Elaboración propia, utilizando herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT).	90
Gráfica 19	Confort Térmico Pronosticado (PMV-PPD): correlación mínima entre TBS y HR.	92
Gráfica 20	Confort Térmico Pronosticado (PMV-PPD): correlación media entre TBS y HR.	93
Gráfica 21	Confort Térmico Pronosticado (PMV-PPD): correlación máxima entre TBS y HR.	94
Gráfica 22	Análisis de comportamiento térmico de las cuatro zonas de estudio en un Día Tipo Cálido. Fuente: propia.	154
Gráfica 23	Análisis de comportamiento de HR de las cuatro zonas de estudio en un Día Tipo Cálido. Fuente: propia.	155
Gráfica 24	Análisis de comportamiento térmico de las cuatro zonas de estudio con malla sombra implementada. Fuente: propia.	158
Gráfica 25	Análisis de comportamiento térmico de las cuatro zonas de estudio con malla sombra implementada. Fuente: propia.	158
Gráfica 26	Comparación de temperatura y de humedad entre DCT y día con malla sombra implementada. Fuente: propia.	159
Gráfica 27	Comparación en comportamientos de temperatura y de humedad por corrección de malla sombra. Fuente: propia.	162

Gráfica 28	Comparación en comportamiento térmico. Fuente: propia.	164
Gráfica 29	Comparación en comportamiento de HR. Fuente: propia.	165
Gráfica 30	Comparación en comportamiento térmico entre Zonas B y C con chimenea implementada y sin chimenea en el DCT. Fuente: propia.	166
Gráfica 31	Comparación en comportamiento de HR entre Zonas B y C y el DCT. Fuente: propia.	167
Gráfica 32	Análisis térmico por incorporación de plantas. Fuente: propia.	169
Gráfica 33	Análisis de HR por incorporación de plantas. Fuente: propia.	170
Gráfica 34	Análisis comparativos de temperatura y de humedad entre DCT y Día 1 de Fase A. Fuente: propia.	174
Gráfica 35	Análisis comparativos de temperatura y de humedad entre DCT y Día 2 de Fase A. Fuente: propia.	180
Gráfica 36	Análisis comparativos de temperatura y de humedad entre DCT y Día 3 de Fase A. Fuente: propia.	185
Gráfica 37	Análisis comparativos de temperatura y de humedad entre DCT y Día 4 de Fase A. Fuente: propia.	191
Gráfica 38	Análisis comparativos de temperatura y de humedad entre DCT y Día 5 de Fase A. Fuente: propia.	198
Gráfica 39	Análisis comparativos de temperatura y de humedad entre DCT y Día 1 de Fase B. Fuente: propia.	203
Gráfica 40	Análisis comparativos de temperatura y de humedad entre DCT y Día 2 de Fase B. Fuente: propia.	208
Gráfica 41	Análisis comparativos de temperatura y de humedad entre DCT y Día 3 de Fase B. Fuente: propia.	213
Gráfica 42	Análisis comparativos de temperatura y de humedad entre DCT y Día 4 de Fase B. Fuente: propia.	218
Gráfica 43	Análisis comparativos de temperatura y de humedad entre DCT y Día 1 de Fase D. Fuente: propia.	224
Gráfica 44	Análisis comparativos de temperatura y de humedad entre DCT y Día 2 de Fase D. Fuente: propia.	229
Gráfica 45	Análisis comparativos de temperatura y de humedad entre DCT y Día 3 de Fase D. Fuente: propia.	234
Gráfica 46	Análisis comparativos de temperatura y de humedad entre DCT y Día 4 de Fase D. Fuente: propia.	239
Gráfica 47	Análisis comparativos de temperatura y de humedad entre DCT y Día 5 de Fase D. Fuente: propia.	245
Gráfica 48	Análisis comparativos de temperatura y de humedad entre DCT y Día 6 de Fase D. Fuente: propia.	250
Gráfica 49	Análisis comparativos de temperatura y de humedad entre Día 5 y Día 6 de Fase D. Fuente: propia.	253
Gráfica 50	Evaluación de sistemas de acondicionamiento térmico por criterio. Fuente: propia.	296
Gráfica 51	Evaluación de sistemas de acondicionamiento térmico por dimensión. Fuente: propia.	297
Gráfica 52	Desempeño global por sistema. Fuente: propia.	298
Gráfica 53	Gráfica resultante de medición con dispositivo datalogger. Fuente: propia.	330

## ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen A01	"Distribución de zonas de casa huésped de experimento". Fuente: propia	2
Imagen A02	Vista aérea de Culiacán con vista hacia el suroeste, al fondo puede apreciarse el mar. Fuente: <a href="https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/ae/Culiacan_Aerial_View.jpg">https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/ae/Culiacan_Aerial_View.jpg</a> (visitado en abril de 2016)	7
Imagen A03	Tipología constructiva de nuevos fraccionamientos en Culiacán. Fuente: <a href="http://www.enconkretosoluciones.com/proyectos.html">http://www.enconkretosoluciones.com/proyectos.html</a> (visitado en abril de 2016)	9
Imagen A04	Deforestación por crecimiento urbano invasivo al entorno natural en Culiacán. Fuente: Google Earth 2016	10
Imagen A05	"Uso excesivo de sistemas de aire acondicionado, fotografía tomada en el campus de la Universidad Autónoma de Sinaloa, 2016". Fuente: propia	11
Imagen A06	"Imágenes térmicas de ambos patios". Fuente: (Boumaraf <i>et al.</i> , 2012: 250)	22
Imagen A07	"Resultados gráficos sobre experimento". Fuente: (Boumaraf <i>et al.</i> , 2012: 252)	23
Imagen A08	"Resultados hídricos". Fuente: (Boumaraf <i>et al.</i> , 2012: 253)	24
Imagen A09	"Capas de vegetación". Fuente: (Clark <i>et al.</i> , op. cit: 126)	26
Imagen A10	"Vegetación alrededor de la casa". Fuente: (Deffis, 1994: 152)	28
Imagen A11	"Patio refrigerante". Fuente: (Deffis, 1994: 153)	28
Imagen A12	"Chimeneas solares". Fuente: (Deffis, 1994: 157)	29
Imagen A13	Diagrama bioclimático de Víctor Olgyay. Fuente: (López de Asiain, 2003: 4)	31
Imagen A14	Localización del proyecto dentro de México. Fuente: Google Earth, 2016	51
Imagen A15	Localización del proyecto dentro del estado de Sinaloa. Fuente: Google Earth, 2016	51
Imagen A16	Localización del proyecto en la imagen de transición entre el estado de Sinaloa y la ciudad de Culiacán. Fuente: Google Earth, 2016	52
Imagen A17	Localización del proyecto dentro de la mancha urbana de la ciudad Culiacán de Rosales. Fuente: Google Earth.	52
Imagen A18	Ubicación del proyecto y sitios de interés. Fuente: Google Earth, 2016.	53
Imagen A19	Distancia entre el proyecto y la estación climatológica. Fuente: Google Earth, 2016.	54
Imagen A20	Mapa topográfico SIG de la ciudad de Culiacán. Fuente: Weather-Forecast.com, 2016.	55
Imagen A21	Curvas de nivel del contexto inmediato de la colonia Universitarios. Fuente: IMPLAN, 2016.	56
Imagen A22	Pendientes del terreno. Fuente: INEGI, 2015	56
Imagen A23	Uso de suelo y vegetación en el estado de Sinaloa. Fuente: (CONAGUA, 2015: 117)	58
Imagen A24	Localización del proyecto dentro del AGEB 2500600013297. Fuente: Inventario Nacional de Viviendas 2015.	65

Imagen A25	Localización de Culiacán dentro de la climatología de Sinaloa. Fuente: INEGI, 2015.	67
Imagen A26	Enero, asoleamiento en su día 21. Fuente: propia, utilizando Ecotect Analysis 2011.	98
Imagen A27	Febrero, asoleamiento en su día 21. Fuente: propia, utilizando Ecotect Analysis 2011.	98
Imagen A28	Marzo, asoleamiento en su día 21. Fuente: propia, utilizando Ecotect Analysis 2011.	98
Imagen A29	Abril, asoleamiento en su día 21. Fuente: propia, utilizando Ecotect Analysis 2011.	98
Imagen A30	Mayo, asoleamiento en su día 21. Fuente: propia, utilizando Ecotect Analysis 2011.	99
Imagen A31	Junio, asoleamiento en su día 21. Fuente: propia, utilizando Ecotect Analysis 2011.	99
Imagen A32	Julio, asoleamiento en su día 21. Fuente: propia, utilizando Ecotect Analysis 2011.	99
Imagen A33	Agosto, asoleamiento en su día 21. Fuente: propia, utilizando Ecotect Analysis 2011.	99
Imagen A34	Septiembre, asoleamiento en su día 21. Fuente: propia, utilizando Ecotect Analysis 2011.	100
Imagen A35	Octubre, asoleamiento en su día 21. Fuente: propia, utilizando Ecotect Analysis 2011.	100
Imagen A36	Noviembre, asoleamiento en su día 21. Fuente: propia, utilizando Ecotect Analysis 2011.	100
Imagen A37	Diciembre, asoleamiento en su día 21. Fuente: propia, utilizando Ecotect Analysis 2011.	100
Imagen A38	Análisis de viento con ventanas en fachada sur cerradas. Fuente: propia, utilizando Ecotect Analysis 2011.	101
Imagen A39	Vientos dominantes desde el suroeste con ventana suroeste de planta baja abierta. Fuente: propia, utilizando Ecotect Analysis 2011.	102
Imagen A40	Simulación de vientos dominantes provenientes del norte, con ventana sureste abierta. Fuente: propia, utilizando Ecotect Analysis 2011.	102
Imagen B01	"Ficus SP". Fuente: URL: <a href="http://etc.usf.edu/clippix/picture/ficus-sp-leaves.html">http://etc.usf.edu/clippix/picture/ficus-sp-leaves.html</a>	108
Imagen B02	"Guazuma Ulmifolia". Fuente: URL: <a href="http://biogeodb.stri.si.edu/bioinformatics/dfm/metastats/view/22466">http://biogeodb.stri.si.edu/bioinformatics/dfm/metastats/view/22466</a>	108
Imagen B03	"Hoja de Guazuma Ulmifolia". Fuente: URL: <a href="http://biogeodb.stri.si.edu/bioinformatics/dfm/metastats/view/22472">http://biogeodb.stri.si.edu/bioinformatics/dfm/metastats/view/22472</a>	108
Imagen B04	"Guamúchil" (Pithecellobium dulce). Fuente: URL: <a href="http://plants.swtexture.com/2010/08/pithecellobium-dulce-madras-thorn.html">http://plants.swtexture.com/2010/08/pithecellobium-dulce-madras-thorn.html</a>	108
Imagen B05	"Fruto de Guamúchil" Fuente: URL: <a href="https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Starr_070206-4141_Pithecellobium_dulce.jpg">https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Starr_070206-4141_Pithecellobium_dulce.jpg</a>	108
Imagen B06	"Ipomea". Fuente: URL: ( <a href="http://www.elhogarnatural.com/trepadoras/ipomea.htm">http://www.elhogarnatural.com/trepadoras/ipomea.htm</a> )	108
Imagen B07	"Cresa" Fuente: URL: <a href="http://ornamentalis.com/guia-plantas-ornamentales/cactus-y-crasas/">http://ornamentalis.com/guia-plantas-ornamentales/cactus-y-crasas/</a>	109
Imagen B08	"Populus mexicana". Fuente: URL: <a href="http://www.public.asu.edu/~camartin/plants/Plant%20html%20files/populsmexicana.html">http://www.public.asu.edu/~camartin/plants/Plant%20html%20files/populsmexicana.html</a>	109
Imagen B09	"Salix nigra". Fuente: URL: <a href="http://parquesalegres.org/boletin/sociedad-botanica-y-zoologica-de-sinaloa-i-a-p/">http://parquesalegres.org/boletin/sociedad-botanica-y-zoologica-de-sinaloa-i-a-p/</a>	109
Imagen B10	"Subespecie Dimorfa". Fuente: URL: <a href="http://www.hosting-agexport.com/plantas/portfolio-item/polystichum-munitum-sword-fern/">http://www.hosting-agexport.com/plantas/portfolio-item/polystichum-munitum-sword-fern/</a>	109
Imagen B11	"Ahuehuete". Fuente: URL: <a href="http://parquesalegres.org/boletin/sociedad-botanica-y-zoologica-de-sinaloa-i-a-p/">http://parquesalegres.org/boletin/sociedad-botanica-y-zoologica-de-sinaloa-i-a-p/</a>	109
Imagen B12	"Álamo". Fuente: URL: <a href="http://parquesalegres.org/boletin/sociedad-botanica-y-zoologica-de-sinaloa-i-a-p/">http://parquesalegres.org/boletin/sociedad-botanica-y-zoologica-de-sinaloa-i-a-p/</a>	109
Imagen C01	"San Miguel". Fuente: <a href="http://plantlust.com/plants/ipomoea-purpurea-knolias-black/">http://plantlust.com/plants/ipomoea-purpurea-knolias-black/</a>	110
Imagen C02	"Manto". Fuente: <a href="https://www.anniesannuals.com/plants/view/?id=532">https://www.anniesannuals.com/plants/view/?id=532</a>	110
Imagen C03	"Jícama de monte". Fuente: <a href="https://www.inaturalist.org/observations/1165080">https://www.inaturalist.org/observations/1165080</a>	110
Imagen C04	"Chuparrosa". Fuente: <a href="http://www.dhgate.com/product/5-original-packs-50pcs-cypressvine-starglory/192296828.html">http://www.dhgate.com/product/5-original-packs-50pcs-cypressvine-starglory/192296828.html</a>	110
Imagen C05	"Coronita". Fuente: <a href="http://www.flickrriver.com/photos/tags/antigonumleptopus/interesting/">http://www.flickrriver.com/photos/tags/antigonumleptopus/interesting/</a>	110
Imagen C06	"Coloma". Fuente: <a href="http://www.aroid.org/aroidl-archive/showthread.php?id=7164">http://www.aroid.org/aroidl-archive/showthread.php?id=7164</a>	110
Imagen C07	"Coloma". Fuente: <a href="http://calphotos.berkeley.edu/cgi/img_query?enlarge=0000+0000+0412+0926">http://calphotos.berkeley.edu/cgi/img_query?enlarge=0000+0000+0412+0926</a>	111
Imagen C08	"Mafafa". Fuente: <a href="http://luirig.altervista.org/flora/taxa/floranam.php?genere=Xanthosoma">http://luirig.altervista.org/flora/taxa/floranam.php?genere=Xanthosoma</a>	111
Imagen C09	"Calatheaovadensis". Fuente: <a href="http://pascencio.cos.ucf.edu/PresentationsQCB.html">http://pascencio.cos.ucf.edu/PresentationsQCB.html</a>	111
Imagen C10	"Micle". Fuente: <a href="https://toptropicals.com/catalog/uid/JUSTICIA_SPICIGERA.htm">https://toptropicals.com/catalog/uid/JUSTICIA_SPICIGERA.htm</a>	111
Imagen C11	"Aralia humilis". Fuente: <a href="http://calphotos.berkeley.edu/cgi/img_query?enlarge=0000+0000+0413+3603">http://calphotos.berkeley.edu/cgi/img_query?enlarge=0000+0000+0413+3603</a>	111
Imagen C12	"Gesneria". Fuente: <a href="http://www.phytoimages.siu.edu/imgs/Cusman1/r/Gesneriaceae_Achimenes_antirrhina_77405.html">http://www.phytoimages.siu.edu/imgs/Cusman1/r/Gesneriaceae_Achimenes_antirrhina_77405.html</a>	111
Imagen C13	"Gesneria". Fuente: <a href="http://www.botanickatepice.cz/foto/detail/?f=1254">http://www.botanickatepice.cz/foto/detail/?f=1254</a>	112
Imagen C14	"Salvia". Fuente: <a href="https://anthrome.wordpress.com/2012/05/26/lamiaceae-salvia-hispanica-chia/">https://anthrome.wordpress.com/2012/05/26/lamiaceae-salvia-hispanica-chia/</a>	112
Imagen C15	"Salvia". Fuente: <a href="https://es.pinterest.com/pin/518758450804996219/">https://es.pinterest.com/pin/518758450804996219/</a>	112
Imagen C16	"Gallito". Fuente: <a href="https://www.desertmuseum.org/programs/yecora_gallery.php">https://www.desertmuseum.org/programs/yecora_gallery.php</a>	112
Imagen C17	"Heno". Fuente: <a href="https://es.pinterest.com/pin/571675746425086934/">https://es.pinterest.com/pin/571675746425086934/</a>	112
Imagen C18	"Gallito". Fuente: <a href="http://www.forum-jardins.com/t26697-tillandsia-caput-medusae">http://www.forum-jardins.com/t26697-tillandsia-caput-medusae</a>	112
Imagen C19	"Cebolleta". Fuente: <a href="https://www.flickr.com/photos/apao/353781064">https://www.flickr.com/photos/apao/353781064</a>	113
Imagen C20	"Bletia rosea". Fuente: <a href="https://www.pinterest.com/betegui/orchids-ii/">https://www.pinterest.com/betegui/orchids-ii/</a>	113
Imagen C21	"Mirabilis". Fuente: <a href="http://www.biosurvey.ou.edu/okwild/wfgilia.html">http://www.biosurvey.ou.edu/okwild/wfgilia.html</a>	113
Imagen C22	"Trebolillo". Fuente: <a href="http://www.cicy.mx/sitios/flora%20digital/ficha_virtual.php?especie=1907">http://www.cicy.mx/sitios/flora%20digital/ficha_virtual.php?especie=1907</a>	113
Imagen C23	"Plantago". Fuente: <a href="http://sagebud.com/search.php?query=plantago">http://sagebud.com/search.php?query=plantago</a>	113
Imagen C24	"Talinum paniculatum". Fuente: <a href="http://www.robspplants.com/plants/talinpanic">http://www.robspplants.com/plants/talinpanic</a>	113
Imagen C25	"Crotos" – Codiaeum variegatum. Fuente propia.	114
Imagen C26	"Teléfono" – Epipremnum aureum. Fuente propia.	114
Imagen C27	"Helecho de Boston" – Nephrolepis exaltata. Fuente propia.	114
Imagen C28	"Sin vergüenza", "Zebras" – Zebrina pendula Tradescantia purpurea. Fuente propia.	114
Imagen C29	"Mafafa", "Hoja elegante" – Xanthosoma robustum. Fuente propia.	114

Imagen C30	"Licualas" – <i>Licuala grandis</i> . Fuente: propia.	114
Imagen C31	"Palma Kerpis" Imagen: Fuente: propia.	115
Imagen C32	"Palma Areca" - <i>Chrysalidocarpus lutescens</i> . Fuente: propia.	115
Imagen C33	"Acanto" – <i>Acanthus mollis</i> . Fuente: propia.	115
Imagen C34	"Costilla de Adán" o "Piñanona". Fuente: <a href="http://www.exoticatropicals.com/big-leaf-jungle-plants/monstera-deliciosa-mexican-breadfruit-swiss-cheese-plant/">http://www.exoticatropicals.com/big-leaf-jungle-plants/monstera-deliciosa-mexican-breadfruit-swiss-cheese-plant/</a>	115
Imagen C35	"Acanto" – <i>Acanthus mollis</i> . Fuente: propia.	115
Imagen D01	"Ayale". Fuente: URL: <a href="http://www.panoramio.com/photo/98357798">http://www.panoramio.com/photo/98357798</a>	116
Imagen D02	"Venadillo". Fuente: URL: <a href="http://parquesalegres.org/boletin/sociedad-botanica-y-zoologica-de-sinaloa-i-a-p/">http://parquesalegres.org/boletin/sociedad-botanica-y-zoologica-de-sinaloa-i-a-p/</a>	116
Imagen D03	"Periquillo". Fuente: URL: <a href="http://www.tec.ac.cr/sitios/Docencia/forestal/Paginas/Forms/AllItems.aspx?RootFolder=http%3a%2f%2fwww.tec.ac.cr%2fsitios%2fDocencia%2fforestal%2fPaginas%2fLibreria%2fThouinidium%20decandrum%20Radlk&amp;FolderCTID=0x010100C568DB52D9D0A14D9B2FDC9666E9F2007948130EC3DB064584E219954237AF39009C25DB645EB3C0418B85590E9E3E8E08">http://www.tec.ac.cr/sitios/Docencia/forestal/Paginas/Forms/AllItems.aspx?RootFolder=http%3a%2f%2fwww.tec.ac.cr%2fsitios%2fDocencia%2fforestal%2fPaginas%2fLibreria%2fThouinidium%20decandrum%20Radlk&amp;FolderCTID=0x010100C568DB52D9D0A14D9B2FDC9666E9F2007948130EC3DB064584E219954237AF39009C25DB645EB3C0418B85590E9E3E8E08</a>	116
Imagen D04	"Amapa rosa". Fuente: URL: <a href="http://parquesalegres.org/boletin/sociedad-botanica-y-zoologica-de-sinaloa-i-a-p/">http://parquesalegres.org/boletin/sociedad-botanica-y-zoologica-de-sinaloa-i-a-p/</a>	116
Imagen D05	"Amapa amarilla". Fuente: URL: <a href="https://www.flickr.com/photos/22857034@N05/2215854610">https://www.flickr.com/photos/22857034@N05/2215854610</a>	116
Imagen D06	"Papache picudo". Fuente: URL: <a href="http://davesgarden.com/guides/pf/showimage/237739/">http://davesgarden.com/guides/pf/showimage/237739/</a>	116
Imagen D07	"Palo verde". Fuente: URL: <a href="http://www.naturesongs.com/vvplants/paloverde.html">http://www.naturesongs.com/vvplants/paloverde.html</a>	117
Imagen D08	"Ocotillo". Fuente: URL: <a href="http://farm1.staticflickr.com/81/240345351_18ea075edb_z.jpg">http://farm1.staticflickr.com/81/240345351_18ea075edb_z.jpg</a>	117
Imagen D09	"Pingüica". Fuente: URL: <a href="https://colotlan.wordpress.com/tag/pinguica/">https://colotlan.wordpress.com/tag/pinguica/</a>	117
Imagen D10	"Fruto de Pingüica". Fuente: URL: <a href="https://colotlan.wordpress.com/tag/pinguica/">https://colotlan.wordpress.com/tag/pinguica/</a>	117
Imagen D11	"Neem". Fuente: URL: <a href="http://arbolneemsistematiromyblogspot.mx/2015/07/arbol-neem-azadirachta-indica.html">http://arbolneemsistematiromyblogspot.mx/2015/07/arbol-neem-azadirachta-indica.html</a>	117
Imagen D12	"Gmelina". Fuente: URL: <a href="http://www.philippinegenrestories.com/2012/08/the-turning/gmelina-arborea5/">http://www.philippinegenrestories.com/2012/08/the-turning/gmelina-arborea5/</a>	117
Imagen D13	"Olivo negro". Fuente: URL: <a href="http://parquesalegres.org/boletin/sociedad-botanica-y-zoologica-de-sinaloa-i-a-p/">http://parquesalegres.org/boletin/sociedad-botanica-y-zoologica-de-sinaloa-i-a-p/</a>	118
Imagen D14	"Lengua de mujer". Fuente: URL: <a href="http://www.westafricanplants.senckenberg.de/root/index.php?page_id=14&amp;id=2411">http://www.westafricanplants.senckenberg.de/root/index.php?page_id=14&amp;id=2411</a>	118
Imagen D15	"Hoja de Lengua de mujer". Fuente: URL: <a href="http://www.westafricanplants.senckenberg.de/root/index.php?page_id=14&amp;id=2411">http://www.westafricanplants.senckenberg.de/root/index.php?page_id=14&amp;id=2411</a>	118
Imagen D16	"Guanacaste". Fuente: URL: <a href="http://parquesalegres.org/boletin/sociedad-botanica-y-zoologica-de-sinaloa-i-a-p/">http://parquesalegres.org/boletin/sociedad-botanica-y-zoologica-de-sinaloa-i-a-p/</a>	118
Imagen D17	"Mauto". Fuente: URL: <a href="http://lapazantigua-sudcalifornia.blogspot.mx/2014/07/flora-en-sudcalifornia.html">http://lapazantigua-sudcalifornia.blogspot.mx/2014/07/flora-en-sudcalifornia.html</a>	118
Imagen D18	"Guamúchil". Fuente: URL: <a href="https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Starr_080607-7306_Pithecellobium_dulce.jpg">https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Starr_080607-7306_Pithecellobium_dulce.jpg</a>	118
Imagen E01	"Zonificación". Fuente: propia.	119
Imagen E02	"Sistema de nebulización". Fuente: propia	120
Imagen E03	"Acceso de aspiración microclimática desde Zona A hacia Zona B". Fuente: propia.	121
Imagen E04	"Estrategia de azotea". Fuente: propia.	122
Imagen E05	"Chimenea solar ubicada en el techo, utilizada para ventilación y enfriamiento". Fuente: (Sánchez González, 2008: 8).	127
Imagen E06	"Chimenea solar ubicada en fachada sur, utilizada para ventilación y enfriamiento". Fuente: (Sánchez González, 2008: 9).	128
Imagen E07	"Chimenea solar ubicada en fachada sur, utilizada para calentamiento". Fuente: (Sánchez González, 2008: 9).	129
Imagen E08	"Componentes de una chimenea solar, mostradas en corte". Fuente: Propia.	131
Imagen E09	"Chimenea solar con inclinación a 45°". Fuente: Propia.	132
Imagen E10	"Chimenea solar proyectada conforme a la geometría solar de Culiacán". Fuente: propia.	133
Imagen E11	"Plano de fachada arquitectónica este de chimenea solar". Fuente: propia.	135
Imagen E12	"Plano de planta arquitectónica de chimenea solar". Fuente: propia.	135
Imagen E13	"Plano de fachada arquitectónica sur de chimenea solar". Fuente: propia.	136
Imagen E14	"Plano de corte arquitectónico de chimenea solar". Fuente: propia.	136
Imagen E15	"Perspectiva suroeste de chimenea solar". Fuente: propia.	137
Imagen E16	"Perspectiva interior con detalles constructivos de chimenea solar". Fuente: propia.	137
Imagen E17	"Perspectiva con detalle para soldadura de respiradero metálico". Fuente: propia.	138
Imagen E18	"Ventilación para producción de microclima". Fuente: propia	139
Imagen E19	"Ventilación extracción en Zona B". Fuente: propia.	139
Imagen E20	Amapa rosa ( <i>Handroanthus impetiginosus</i> ). Fuente: propia.	147
Imagen E21	Apomo ( <i>Brosimum alicastrum</i> ) Fuente: propia.	147
Imagen E22	Areca ( <i>Dypsis lutescens</i> ) Fuente: propia.	147
Imagen E23	Clavellina ( <i>Pseudobombax ellipticum</i> ) Fuente: propia.	147
Imagen E24	Croto petra ( <i>Codiaeum variegatum</i> ) Fuente: propia.	148
Imagen E25	Croto tirabuzón ( <i>Codiaeum variegatum</i> ) Fuente: propia.	148
Imagen E26	Espárrago ( <i>Spring meyeri</i> ) Fuente: propia.	148
Imagen E27	Guamúchil ( <i>Phitecellobium dulce</i> ) Fuente: propia.	148
Imagen E28	Guanacastle ( <i>Enterolobium cyclocarpum</i> ) Fuente: propia.	149
Imagen E29	Helecho Boston ( <i>Nephrolepis exaltata</i> ) Fuente: propia.	149
Imagen E30	Mezquite ( <i>Prosopis chilensis</i> ) Fuente: propia.	149



Imagen E31	Palma kerpis ( <i>Adonidia merrillii</i> ) Fuente: propia.	149
Imagen E32	Piñanona ( <i>Monstera deliciosa</i> ) Fuente: propia.	150
Imagen E33	Plumeria-Jacaloxochitl ( <i>Plumeria rubra</i> ) Fuente: propia.	150
Imagen E34	Tabachín ( <i>Delonix regia</i> ) Fuente: propia.	150
Imagen E35	Teléfono ( <i>Epipremnum aureum</i> ) Fuente: propia.	150
Imagen E36	Venadillo ( <i>Swietenia humilis</i> ) Fuente: propia.	151
Imagen E37	Wedelia ( <i>Wedelia trilobata</i> ) Fuente: propia.	151
Imagen E38	Zebrina ( <i>Tradescantia zebrina</i> ) Fuente: propia.	151
Imagen E39	Mafafa ( <i>Xanthosoma robustum</i> ). Fuente: URL: <a href="http://plantasdemexico.blogspot.mx/2011/05/mafafa-xanthosoma-robustum.html">http://plantasdemexico.blogspot.mx/2011/05/mafafa-xanthosoma-robustum.html</a>	151
Imagen E40	"Vista aérea de aplicación de malla sombra". Fuente: propia.	157
Imagen E41	Corrección de malla sombra. Fuente: propia.	161
Imagen F01	"Fase A, Día 1 (20 de septiembre de 2016)". Fuente: propia.	172
Imagen F02	"Fase A, Día 2 (21 de septiembre de 2016)". Fuente: propia.	177
Imagen F03	"Fase A, Día 3 (23 de septiembre de 2016)". Fuente: propia.	183
Imagen F04	"Fase A, Día 4 (24 de septiembre de 2016)" Fuente: propia.	189
Imagen F05	"Fase A, Día 5 (25 de septiembre de 2016)". Fuente: propia.	195
Imagen F06	"Fase B, Día 1 (26 de septiembre de 2016)". Fuente: propia.	201
Imagen F07	"Fase B, Día 2 (1 de octubre de 2016)". Fuente: propia.	206
Imagen F08	"Fase B, Día 3 (3 de octubre de 2016)". Fuente: propia.	211
Imagen F09	"Fase B, Día 4 (5 de octubre de 2016)". Fuente: propia.	216
Imagen F10	"Fase C, Día 1". Fuente: propia.	221
Imagen F11	"Fase D, Día 1 (7 de octubre de 2016)". Fuente: propia.	222
Imagen F12	"Fase D, Día 2 (8 de octubre de 2016)". Fuente: propia.	227
Imagen F13	"Fase D, Día 3 (8 de octubre de 2016)". Fuente: propia.	232
Imagen F14	"Fase D, Día 4 (10 de octubre de 2016)". Fuente: propia.	237
Imagen F15	"Fase D, Día 5 (11 de octubre de 2016)". Fuente: propia.	243
Imagen F16	"Fase D, Día 6 (12 de octubre de 2016)". Fuente: propia.	248
Imagen F17	Características de ventilador "Taurus" modelo "Ponent 16C Elegance". Fuente: (Taurus, 2013: 4)	260
Imagen F18	Especificaciones técnicas de sistemas de aire acondicionado "Mirage X3". Fuente: URL: <a href="http://www.mirage.mx/2503/productos/aires-acondicionados/minisplit/x3/">http://www.mirage.mx/2503/productos/aires-acondicionados/minisplit/x3/</a>	262
Imagen F19	Paralelismo entre concentración de CO2 y temperatura global. Fuente: (Larios Martón, 2007)	301
Imagen G01	"Trayecto realizado en experimento (de izquierda a derecha)". Fuente: Google Maps 2015.	329
Imagen G02	"Patio donde se implementarán las plantas endémicas para reducir la temperatura mediante evapotranspiración". Fuente: propia.	410
Imagen G03	"Azótea donde se implementará una chimenea solar y distintas estrategias de arquitectura integral". Fuente: propia.	410
Imagen H01	Instalación de bastidor metálico para recibir malasombra retráctil. Fuente: propia.	411
Imagen H02	Tipo de instalación para convertir la malla sombra fija a retráctil. Fuente: propia.	411
Imagen H03	Instalación de malla sombra retráctil. Fuente: propia.	412
Imagen H04	Instalación de sistema de humidificación mediante brisa. Fuente: propia.	412
Imagen H05	Prueba de funcionamiento de sistema de humidificación por brisa. Fuente: propia.	413
Imagen H06	Inicio de construcción de chimenea solar, cimbra para dala de cerramiento. Fuente: propia.	413
Imagen H07	Cimbra para colado de castillos y trabe de chimenea solar. Fuente: propia.	414
Imagen H08	Perforación de losa para crear ducto de salida de aire caliente hacia la chimenea. Fuente: propia.	414
Imagen H09	Acabados interiores en la perforación de losa. Fuente: propia.	415
Imagen H10	Inician trabajos de tablarroca y Durock en chimenea solar. Fuente: propia.	415
Imagen H11	Instalación de paneles internos aislantes de poliestireno de 2" de grosor de alta densidad. Fuente: propia.	416
Imagen H12	Forrado con panel de exterior "Durock". Fuente: propia.	416
Imagen H13	Acabados exteriores a base de pasta marca "Basecoat". Fuente: propia.	417
Imagen H14	Colocación de lámina galvanizada al interior de chimenea solar. Fuente: propia.	417
Imagen H15	Trabajos de pintura interior antes de recibir al marco de aluminio y cristal en chimenea solar. Fuente: propia.	418
Imagen H16	Colocación de marco de aluminio en chimenea solar. Fuente: propia.	418
Imagen H17	Colocación de cristal de chimenea solar. Fuente: propia.	419
Imagen H18	Sellado con silicón para el correcto funcionamiento de chimenea. Fuente: propia.	419
Imagen H19	Colocación de respiradero metálico de chimenea solar Fuente: propia.	420
Imagen H20	Chimenea solar finalizada. Fuente: propia.	420
Imagen H21	Patio, antes de recibir plantas. Fuente: propia.	421
Imagen H22	Plantas con densidad del 70% en patio. Fuente: propia.	421

Imagen H23	Pared ubicada al este con protección escudo. Fuente: propia.	422
Imagen H24	Distanciamiento de 30 cm entre "Pared escudo" y pared este. Fuente: propia.	422
Imagen H25	Malla sombra en cochera para Fase B y Fase C del proyecto. Fuente: propia.	423
Imagen H26	Techo escudo. Fuente: propia.	423
Imagen H27	Plantas con densidad del 90%. Fuente: propia.	424
Imagen H28	Heriberto Soberanes (extremo izquierdo) y Saturnino Díaz (extremo derecho) con personal del Jardín Botánico de Culiacán.	424
Imagen I01	"Dispositivo ExTech RTH10 USB programable para medir temperatura y humedad relativa automáticamente". Fuente: propia.	425
Imagen I02	"Dispositivo GB Termo-higrómetro, miden temperatura externa e interna de un lugar, no son programables y su registro de mediciones es analógica". Fuente: propia.	425

## 1. PLANTEAMIENTO DEL TEMA

Este proyecto documenta y expone informaciones objetivas y concretas sobre cómo especies vegetales, por medio de la *naturación de arquitectura* en la vivienda, generan un microclima que a su vez es manejado y utilizado con la intención de que propicie un ambiente más confortable en cuestiones higrotérmicas para los huéspedes que la habitan. Se obtiene como resultado un experimento comparativo, utilizando un monitoreo de temperatura y Humedad Relativa en la vivienda tanto antes de implementar el sistema, como a través de la experimentación paulatina de cada una de sus estrategias, hasta, finalmente, la implementación total del sistema mismo, para ser comparados entre sí. El proyecto se divide en tres fases: Fase A, en la que se ubica la vegetación refrigerante con un 70% de densidad visual y en número de plantas en el patio de la casa (ubicado al norte de la misma); Fase B, donde se ubica la vegetación en la cochera (ubicada al sur de la vivienda); la Fase C, que es un híbrido de las fases anteriores (A y B); finalmente, la Fase D, similar a la Fase A, pero con 90% de densidad en vegetación en el patio de la misma. Se trata de un proyecto que utiliza una metodología que puede ser retomada por otros y tener distintas aplicaciones interesantes y seguramente necesarias en un futuro cercano<sup>1</sup>.

### 1.1 Delimitación del objeto de desarrollo o innovación

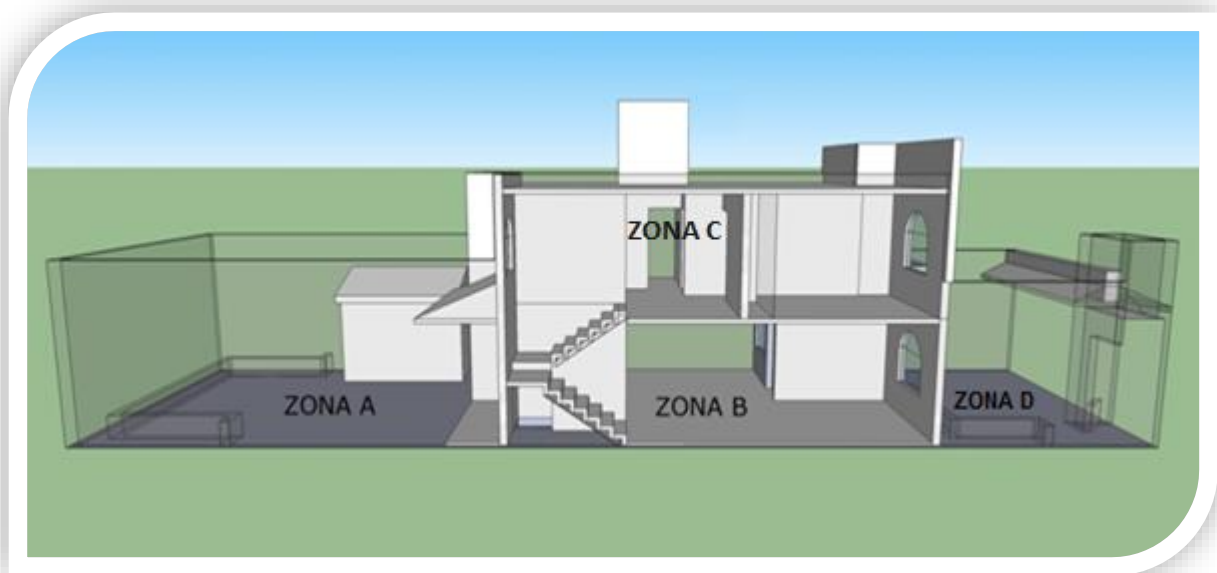
En este proyecto se natura un espacio exterior de una vivienda, particularmente en su patio (a este espacio es nombrado “Zona A”) con la intención de generar un microclima mediante vegetación previamente estudiada, evaluada, y finalmente aprobada como la más apta y eficaz para ser aplicada en la región de Culiacán. La vegetación mediante el fenómeno secundario *enfriamiento evaporativo* resultante de la *evapotranspiración* de las plantas, reduce la temperatura del aire inmediato y este es conducido hacia el interior de la vivienda (el cual es nombrado “Zona B”) mediante convección generada por una chimenea solar localizada en la azotea de la vivienda, por encima de la segunda planta (a la que se nombra “Zona C”) que, utilizando a la radiación solar como motor, propicia la convección mencionada que actúa

---

<sup>1</sup> Cabe aclarar, que no se hicieron estudios sobre el efecto descontaminante y purificador hacia el aire que tienen las plantas dentro de una determinada área, pues sobre eso hay variedad de estudios previos.

pasivamente extrayendo el calor interno de la vivienda, aspirando aire caliente de la casa, introduciendo aire fresco producido en el patio exterior de la misma, favoreciendo así un intercambio térmico desde el exterior hacia el interior. Esto crea una pequeña corriente pasiva de aire acompañada de un descenso térmico y un incremento en la Humedad Relativa. El sistema puede o no hacer uso de ventiladores eléctricos convencionales para forzar intercambios térmicos y de humedad mediante corrientes de aire provocadas, así como para facilitar la *generación microclimática*.

En la siguiente imagen se muestra la casa anfitriona que hospeda al Sistema Experimental de Acondicionamiento Térmico Mediante Manejo Microclimático y las respectivas zonas contenidas dentro de la misma.



**Imagen A01:** Distribución de zonas de casa huésped de experimento. Fuente: propia

A grandes rasgos, lo que se busca obtener y utilizar es:

- 1) La disminución térmica de los espacios internos de la vivienda en una ciudad que llega a alcanzar sus picos máximos de calor en los 46°C, como es Culiacán.
- 2) Una bioclimatización interna en la vivienda con un microclima generado por un sistema mayoritariamente pasivo y en gran parte natural de acondicionamiento del aire.

- 3) La utilización preferente de plantas endémicas y/o regionales que produzcan una reducción térmica ambiental mediante el fenómeno llamado *enfriamiento evaporativo* producido por evapotranspiración.
- 4) Lograr un sistema de acondicionamiento térmico que reduzca importantes costos en consumo eléctrico.
- 5) Lograr un sistema que al funcionar mediante plantas endémicas y regionales tenga un consumo hídrico menor por m<sup>2</sup> que el del césped (común mente utilizado).
- 6) Propiciar al inquilino una conciencia sustentable en donde pueda desarrollarse haciendo uso de tecnologías limpias, otorgándole valores para el respeto del medio ambiente.
- 7) Ser un ejemplo de sistema que favorece a la resiliencia del biotopo (espacio geográfico con condiciones aptas para el desarrollo de vida) y la biocenosis (conjunto de organismos vivos que habitan y se reproducen en un medio específico).
- 8) Ser una propuesta de adaptación de los asentamientos humanos hacia los nuevos retos climatológicos que suceden mundialmente.

### Ubicación en campos disciplinares

El principal factor buscado en la realización de este proyecto, es el **confort térmico**, este concepto se refiere a un estado de satisfacción sensorial térmica con respecto a una condición climática, es abordado y definido por distintas disciplinas, unas de ellas muestran definiciones bastante similares, y otras lo ven desde perspectivas distintas, dando distintos resultados.

Para poder definir este concepto correctamente, es necesario comprender a este otro: **la sensación térmica**. Baruch Givoni, la expone en su definición como la percepción del calor o frío del ambiente a partir de la actividad neurálgica originada en los nervios de la piel que actúan como receptores térmicos, en donde la percepción de las condiciones atmosféricas se ve afectada por los procesos fisiológicos, el vestuario y la actividad de los individuos (Gómez, el. al., 2007: 46).

Desde el **enfoque arquitectónico bioclimático**, Víctor Armando Fuentes Freixanet lo define como la percepción del medio ambiente circundante que se da principalmente a través de la piel, en donde, para lograr un estado de *confort*, se debe considerar la intervención de dos factores principales: los internos y los externos. Dentro de los factores internos, explica que el

metabolismo es el de mayor importancia, y los demás se refieren a la edad, el sexo, forma y superficie corporal, acumulación de grasa, condición de salud, tipo de alimentación, hidratación, etc. Por otro lado, los externos que este autor cataloga como los más importantes son: el grado de arropamiento, la temperatura del aire, la temperatura radiante (radiación), la humedad del aire y el movimiento del aire. Él resalta que, con respecto a la temperatura del aire, entre mayor sea la diferencia entre esta temperatura y la del cuerpo, mayor será el flujo de calor. Aquí, la temperatura del aire óptima –en la cual el cuerpo disipa adecuadamente el calor generado– depende de varios factores, entre ellos la aclimatación del individuo tiene un papel importante. Esta temperatura óptima (llamada comúnmente “temperatura neutra”) representa un punto en la escala térmica, por ello, Fuentes Freixanet considera más conveniente hablar de un rango de temperatura en el cual el individuo expresa satisfacción (térmica) con el ambiente. Con respecto a la humedad del aire, comenta que ésta juega un papel importante en los mecanismos de intercambio térmico del cuerpo, tanto en la sudoración como en la evapotranspiración del mismo. Finalmente, expone cómo el movimiento del aire también tiene un papel importante, pues a través del movimiento del aire se incrementa la disipación de calor del organismo de dos maneras: incrementando las pérdidas convectivas de calor y acelerando la evaporación (Fuentes Freixanet, 2001: 59).

Dentro del **enfoque cuantitativo**, particularmente en los **campos** tanto **biológico** como **físico-químico**, Critchfield, en el año de 1974, da una explicación operativa sobre el *confort térmico*, definiéndolo como un estado de equilibrio resultante del balance de las cargas térmicas que se intercambian entre el cuerpo humano y su ambiente inmediato, debido al proceso químico del metabolismo y al proceso fisiológico de termorregulación en respuesta a los elementos externos del clima: radiación, temperatura, humedad y movimiento del aire, como elementos principales (Gómez *et al.*, 2007: 46)

Por otro lado, desde el enfoque del individuo y sus percepciones, está el **enfoque cualitativo**, quien tiene una definición que involucra tanto a la **fisiología** como a la **psicología**. Aquí el *confort térmico* es concebido como un estado mental en que se involucran variables subjetivas y no sólo como el resultado objetivo de un balance energético entre el cuerpo humano y su entorno, pues éste no puede entenderse a partir sólo de la consideración del intercambio de calor entre el cuerpo y el entorno, ya que también necesita de una serie de acciones que puede realizar para

alcanzarlo, tanto internamente mediante procesos fisiológicos y psicológicos, como externamente mediante adecuaciones a su ambiente circundante (Gómez *et al.*, 2007: 49-50).

Dentro de este mismo enfoque, Givoni, en el año de 1998, de una manera mucho más simple, define al *confort térmico* como “la ausencia de irritación o malestar térmico” (*id.*, 50).

### 1.1.1 Definición de términos

En el desarrollo de este proyecto se mencionarán con frecuencia algunos términos especializados relacionados a la temática del mismo. Primeramente, se define la palabra **ecotecnia**, que es un instrumento derivado de la **ecotecnología**, que, a su vez, se refiere a las distintas tecnologías limpias que buscan una reducción al impacto medioambiental aprovechando eficientemente los recursos naturales al utilizarlos en la vida diaria.

Otro de los términos que se utilizan aquí es el **confort térmico** (definido en la sección anterior), éste es sólo una extensión de lo que abarca un concepto más general: **el confort**, que, a su vez, se ve reflejado en conceptos como “confortable” o “confortabilidad”. El *confort* se refiere a un estado de bienestar y comodidades. No debe confundirse con la palabra “confortar”, pues esta hace referencia a “dar vigor, espíritu y fuerza, animar, alentar, consolar al afligido”. Otro concepto manejado es el antónimo de *confort térmico*: el **estrés térmico**.

Un concepto mencionado en diversas partes a lo largo de este proyecto es: *naturación*, la acción de naturar, trata sobre incorporar vegetación a distintos medios, en este caso al medio arquitectónico o al medio urbano, lo que resulta en los siguientes términos: **naturación arquitectónica**, y **naturación urbana**.

Con respecto a los factores climáticos, la palabra **microclima** es de gran importancia, pues hace referencia a un clima a pequeña escala contenido dentro de otro, pues un clima no se refiere a las condiciones atmosféricas presentes en un día, sino al estado medio de esas condiciones obtenidas en un periodo de varios años, este generalmente tiene comportamientos y temperaturas particulares a lo largo de diversas zonas del planeta. Por ejemplo: un desierto tiene un clima, un bosque tiene otro, pero hablamos de extensiones de suelo de grandes dimensiones con vegetación y factores geológicos particulares. Por lo tanto, al hablar de *microclimas*, se va a hablar de climas en pequeña escala contenidos dentro de una sección “gobernada”, por así decirlo, por un clima mayor. Los *microclimas* pueden existir a causa de distintos factores, como

sombra, humedad, evapotranspiración, etc., en este proyecto, particularmente se trabajó con un microclima generado por las plantas y su favorecimiento mediante estrategias de arquitectura integral. **La arquitectura integral**, se refiere a la integración de distintos mecanismos arquitectónicos actuando con un determinado fin, en este proyecto, la finalidad es propiciar la generación microclimática y su manejo mediante **diseños pasivos** o **diseños activos**, (estos serán definidos y explicados en capítulos posteriores), pero, a grandes rasgos, cuando se habla sobre sistemas diseñados pasivamente se refieren a sistemas que actúan mecánicamente sin ningún tipo de sustento energético creado por el ser humano, y cuando son activos, sí cuentan con dicho sustento.

Volviendo al tema micro-climático, el *microclima* que es tratado en este proyecto, es generado a base de las plantas por un fenómeno secundario de la **evapotranspiración (ET)** llamado **enfriamiento evaporativo**, la *evapotranspiración* se refiere a dos fenómenos simultáneos que producen las plantas: la *evaporación*, en donde un líquido pasa de estado líquido al gaseoso; y, la *transpiración*, en donde un líquido se excreta desde el interior de un cuerpo hacia el exterior. Por lo tanto, al decir que las plantas provocan el fenómeno de *evapotranspiración* se entiende que las plantas transpiran agua por medio de las hojas y esta a su vez se evapora hacia el medio ambiente. El **enfriamiento evaporativo** se refiere a la disminución térmica resultante del fenómeno de la *evapotranspiración*.

Finalmente, se hace una breve definición sobre el concepto de **Humedad Relativa (HR)**: este término se refiere al promedio mediato entre la humedad en el aire -la cantidad de vapor de agua que tiene una cierta masa de aire- y la máxima que podría tener.



## 1.2 Delimitación de la situación-problema

“El conocimiento derivado a partir de las prácticas agrícolas es entonces el saber que ha creado las condiciones biológicas de supervivencia de nuestra especie en el planeta. Si la modificación realizada por la Agri-Cultura se hubiera sustentado en el principio de la depredación de los suelos y la destrucción de la biodiversidad, no se habría generado el acoplamiento necesario entre nuestro *ser* y el medio, y en consecuencia, la interacción circular y regeneración natural de los ecosistemas transformados se habría interrumpido, lo que biológicamente habría significado la extinción del animal humano sobre el planeta.”

(Giraldo, 2013: 7)



**Imagen A02:** Vista aérea de Culiacán con vista hacia el suroeste, al fondo puede apreciarse el mar.  
Fuente: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/ae/Culiacan\\_Aerial\\_View.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/ae/Culiacan_Aerial_View.jpg) (visitado en abril de 2016)

En la opinión de este autor, el punto clave de mayor importancia tratado en este proyecto se refiere a la pérdida de biodiversidad, y no sólo en la cuestión animal, sino en la vegetal, pues la falta de conciencia en la construcción de las ciudades actualmente, como sucede en México, se refiere a la total ignorancia hacia el espacio natural con sus respectivas especies de plantas (sean plantas que generen alimento o no). Resultando así, que estos entornos naturales se

pierdan en la simple preparación de los terrenos al momento de construir, debido al prepotente antagonismo de las ciudades con el medio natural.

Es bien sabido que existe un cambio climático, que la pobreza cada vez va incrementando mundialmente, que los recursos empiezan a escasear, y un sinfín de etcéteras negativos con respecto a esta temática, por lo que el ser humano empieza a pasar de ser un súper adaptado, por encontrarse históricamente y hasta la actualidad en casi todas las regiones del planeta, a ser un inadaptado al entorno natural, modificándolo para que se adapte a él, por lo que deja de llamarse natural y se convierte en un entorno territorial que tiene recursos limitados en donde el humano funge casi como parásito del mismo. Es por lo anterior que el humano debe encontrar maneras alternativas tanto de subsistencia como a favor de la resiliencia del mismo entorno, en donde este pueda empezar a recuperarse.

Culiacán enfrenta grandes problemas urbanos: el crecimiento no ordenado; muy pocas áreas verdes; un alto índice de automóviles circulando y contaminando; la infraestructura de concreto se encuentra por toda la ciudad propiciando el efecto “isla de calor” y no existe un control de suelos permeables; los ciclos pluviales sufren de alteración, así como el drenaje (Rojo, 2008: 32). En la antigüedad, las casas en Culiacán y en la mayor parte del estado de Sinaloa, se construían con adobe, los techos eran de madera rellenos de tierra. De esa manera, este tipo de techos actuaban como aislante térmico, propiciando refugio hacia las altas temperaturas, además el uso de infraestructura a base de concreto no se acostumbraba. Hoy en día las casas se construyen principalmente con tabique, block y concreto (*ibíd.*, 85), la mayoría utiliza techados de concreto sin ningún tipo de aislante térmico, permitiendo el calentamiento de la vivienda de manera general. Por lo tanto, los sistemas de aire acondicionado son utilizados de manera excesiva, creando un problema de gasto energético muy importante en toda la ciudad con una emisión resultante de CO<sub>2</sub> considerable a nivel *glocal*<sup>2</sup>. Incluso, algunos equipos antiguos de acondicionamiento de aire que siguen en funcionamiento aún expiden clorofluorocarbonos que contribuyen al agotamiento de la capa de ozono, siendo ya una minoría en su uso en comparación a los nuevos sistemas, que ya no los emiten, aun así, éstos nuevos sistemas

---

<sup>2</sup> El término “*glocal*” se refiere a la interrelación existente entre lo local y lo global, es decir, acciones locales que, en conjunto, pueden ser significativas globalmente, o bien, enfocado hacia una problemática global intentando ser solucionada mediante prácticas locales.

expiden químicos que tienen un elevado Potencial de Calentamiento Global (PCG) (Calderas *et al.*, 2009: 3).

En la siguiente imagen se muestra la tipología constructiva actual de muchos de los nuevos fraccionamientos en Culiacán, en donde no existen planeación, diseño bioclimático ni arborización:



**Imagen A03:** Tipología constructiva de nuevos fraccionamientos en Culiacán.  
Fuente: <http://www.enconkretosoluciones.com/proyectos.html> (visitado en abril de 2016)

El problema del gasto energético de Culiacán se debe a que el sistema constructivo, como menciona Rojo, fue sustituido indiscriminadamente, y como no se cambiará la manera en que las casas ya están construidas, se busca una alternativa que impacte favorablemente en: la cuestión económica, bajando el gasto energético; en la cuestión ecológica, creando áreas verdes, utilizando energía limpia -en este caso, la solar-, disminuyendo el uso de sistemas de aire acondicionado, disminuyendo las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalentes, y contribuyendo a la restauración del biotopo y la biocenosis mediante vegetación endémica y regional que ha sido devastada por los asentamientos urbanos; finalmente, en la social, creando una nueva manera de obtener *confort térmico* utilizando a las plantas y al sol, propiciando mejor calidad de aire interior en la vivienda, cambiando los paradigmas de solución térmica de la sociedad, aliviando parte del *estrés térmico* que se sufre cotidianamente en los habitantes de ciudades con climas cálidos extremos y no extremos.



La siguiente imagen muestra un ejemplo de la falta de respeto de los nuevos desarrollos habitacionales hacia el ambiente circundante natural. En este caso se muestra un ecocidio en la ribera del río Tamazula realizado para crear un fraccionamiento de clase alta llamado “Isla Musalá” ubicado al norte de Culiacán.



**Imagen A04:** Deforestación por crecimiento urbano invasivo al entorno natural en Culiacán.  
Fuente: Google Earth 2016

Es necesario desarrollar nuevas tecnologías que no generen impacto ecológico y que devuelvan ese *confort* perdido que hoy tienen los habitantes de la región noroeste de México.

En la siguiente imagen se muestra la necesidad de mitigación del *estrés térmico* de la ciudad de Culiacán resuelta mediante el uso excesivo de sistemas de aire acondicionado convencionales:



**Imagen A05** – Uso excesivo de sistemas de aire acondicionado, fotografía tomada en el campus de la Universidad Autónoma de Sinaloa, 2016. Fuente propia.

Una problemática adicional a las ya mencionadas se refiere a los efectos negativos en la salud que causan los cambios bruscos de temperatura, por ejemplo entrar y salir de un cuarto que tiene aire acondicionado y la temperatura está a 23°C cuando afuera está a 30°C o más, pues este cambio reduce las defensas pulmonares que funcionan de forma mecánica debido a que el frío minimiza su función. En consecuencia, las fosas nasales y la faringe (que se encargan de acondicionar el aire que pasa a los pulmones) exacerban patologías respiratorias subyacentes, sobre todo en personas que ya tienen un problema de base, por ejemplo: asma, una traqueotomía, o problemas relacionados. La diferencia de edad es un factor clave para que una persona pueda contraer problemas de salud debido a los cambios bruscos, sobre todo en personas de corta edad o de edad avanzada. Entre las afecciones se encuentran: la irritación, dolor de cabeza, sequedad en las mucosas, taponeo nasal y estornudos. Sin embargo, problemáticas más serias pueden resultar debido a los cambios bruscos en la temperatura,

problemáticas como: una broncoconstricción, una vasoconstricción, broncoespasmos, entre otras (Jiménez, 2011).

Una investigación reciente resultante del análisis de informaciones de más de 84,000 hospitales en Inglaterra y Gales contrapuestas contra estaciones climatológicas dedujo que la reducción de un grado en la temperatura se asociaba con un 2% de incremento en el riesgo de sufrir un ataque al miocardio y este riesgo podía incrementar si la temperatura continuaba en descenso (Ahlstrom, 2010).

### 1.2.1 Dimensión cuantitativa

Tanto el diagrama bioclimático de Víctor Olgyay como el de Baruk Givoni<sup>3</sup> definen parámetros que establecen una *zona de confort térmico*, dicha zona tiene distintos tipos de condicionantes, pero para este proyecto se toman en cuenta sólo las siguientes: temperatura, Humedad Relativa (HR), ventilación y sombreado, por ubicarse dentro de una vivienda y no en un espacio exterior. Finalmente, se toma en cuenta, tanto en el diagrama de Givoni, como en el de Olgyay, la zona de *confort térmico* referida al verano, por ser la causante del mayor *estrés térmico* sufrido por la población en Sinaloa.

Los parámetros para la *zona de confort térmico* establecidos en ambos diagramas van desde los 20 °C hasta los 26 °C con niveles de Humedad Relativa (HR) de 16% hasta 73% pero estos parámetros no dibujan un polígono cuadrangular, pues los niveles mencionados son relativos, por ejemplo: a 20 °C el rango de confort en HR va desde 25-80 %; a 25 °C, el rango de HR se reduce a 20-65%; finalmente, a 30 °C, el rango de HR se reduce a 24-50%. Otra manera de interpretar basándonos en el porcentaje de HR es el siguiente: si el porcentaje de HR está en 20%, el rango que contiene al *confort térmico* va desde los 20°C hasta los 28°C; si el nivel de HR está en el 50%, el rango de *confort* disminuye de 20 a 27°C; si se tiene una HR de 70% el rango de *confort térmico* sólo se contiene dentro de 15-23°C (López de Asiain, 2003: 6-7). Es importante mencionar que Víctor Olgyay, en su libro “Arquitectura y Clima” menciona que la *zona de confort térmico* en los trópicos (como es el caso de este proyecto, que se ubica cerca del trópico de

---

<sup>3</sup> Aunque existe una variedad de diagramas desarrollados y perfeccionados por distintos autores, aquí se mencionan dos de los diagramas bioclimáticos populares para dar una noción de la problemática en aspecto cuantitativo por su sencillez de interpretación.

Cáncer) va desde los 23.3°C hasta los 26.7°C, con una humedad relativa de entre 30 y 70%. (1998:18)

Datos de la CONAGUA mostraron que la ciudad mantuvo su humedad relativa media del 70% durante casi veinte años. Esto se debe a que la ciudad está cerca de la costa noroeste de México (36 km). Considerando esto, como lo explicado anteriormente, se podría estar en *confort térmico* si la ciudad tuviera un registro de temperatura anual media de entre 15-23 °C, sin embargo, la estación climatológica no. 764120, ubicada en la zona centro de la ciudad de Culiacán, indicó que en 2014 la ciudad tuvo una temperatura máxima media anual de 34.4°C, lo que nos indica en primera instancia que claramente los aspectos climáticos de la ciudad, sitúan a sus habitantes fuera de dicha *zona de confort*. Aunque este tipo de análisis mencionado es muy ambiguo por tomar en cuenta las temperaturas medias, y con la intención única de hacer un acercamiento al lector, la realidad es que en Culiacán se tienen comúnmente temperaturas extremas que superan los 30 °C que bajo ningún porcentaje de HR pueden ser confortables, siendo una ciudad que genera un problema de *estrés térmico* sobre sus habitantes, sobre todo en los meses de mayo, junio, julio, agosto, septiembre y octubre, (Sánchez Bañuelos *et al.*, 2014: 1). Esta ciudad tiene, además del clima mencionado, particularidades geológicas e infraestructura a base de concreto, que propician temperaturas ambientales y condiciones de humedad que se sitúan fuera del área confortable de sus habitantes gran parte del año.

Es necesario encontrar diversas soluciones bioclimáticas enfocándonos en las cuestiones de *confort térmico*. En el caso de este proyecto, se busca la reducción en grados Celsius de los espacios habitables de la vivienda utilizando plantas, sombras, corrientes de aire naturales y generadas, humedad y la generación de un microclima que pueda ser manejado, para llegar o hacer una aproximación hacia la *zona de confort* del huésped<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> Para más información, consultar el subcapítulo 2.2.1 llamado “*Confort térmico (o confort higrotérmico)*”.



### 1.2.2 Dimensión cualitativa

El clima de Culiacán, que ha registrado temperaturas récord de 46 °C a la sombra según datos de las normales climatológicas de la CONAGUA (1951-2010), claramente es un lugar que rebasa térmicamente una zona apta para el *confort térmico*. Aunque, las personas nativas de esta ciudad tienen propensión a tolerar altas temperaturas, cíclicamente el clima se vuelve muy adverso en cuestiones de calor y humedad. Reportes indican que estas dos condiciones climáticas sumadas pueden hacer sentir *estrés térmico* por calor a sus habitantes, por ejemplo: en octubre de 2007, se registraron 48 °C (de sensación térmica) en la ciudad y la gente no sufrió de *estrés térmico*, pues hubo ausencia de humedad en el ambiente (Beltrán, 2007); en cambio, en agosto de 2014, se registraron 39.5 °C (en bulbo seco), pero hubo altos niveles de humedad y nubosidad simultáneos a la alta temperatura. Esto ocasionó que la sensación térmica fuera de 50 °C (Hernández, V., 2014) dando como consecuencia que los habitantes fueran sometidos a *estrés térmico*, un efecto que el desarrollo de este proyecto busca mitigar. En la actualidad, en Culiacán la sensación térmica ha llegado a ser de 54°C y en algunas regiones cercanas a la ciudad hasta de 60 °C (Periódico Noroeste, 2016).

El cuerpo humano necesita mantener una temperatura interna de 37 °C, de tal forma que a partir de los 38 °C se pueden producir daños graves en la salud, y cuando se recibe una excesiva carga de calor y ésta se acumulada en el cuerpo, el organismo se ve sometido a *estrés térmico por calor*, que puede conllevar los siguientes peligros: insolación, colapso por calor, calambres musculares y golpe de calor. Lo anterior puede tener consecuencias irreversibles, puesto que estos excesos térmicos pueden agravar enfermedades ya existentes de origen cardiovascular, respiratorio, incluso enfermedades renales. Sin embargo, el golpe de calor es el cuadro médico más grave relacionado con el *estrés térmico por calor* y produce un desajuste térmico grave debido a la incapacidad por parte del organismo para regular la temperatura corporal (FREMAP, 2015). En los casos más serios, los pacientes pueden presentar lesión en los riñones, corazón, hígado y en pulmones, y, de no haber atención médica inmediata, el paciente puede morir (Secretaría de Salud, 2012: 9).

La humedad contenida en el ambiente por sí sola no sería un problema, el problema viene cuando se suman las altas temperaturas a esta condición de alto porcentaje de humedad. Es



importante mencionar que en la ciudad de Culiacán muchas personas toman acciones evasivas respecto a estar dentro de sus casas debido al *estrés térmico* ocasionado por el calor, refugiándose en algún otro lugar, teniendo este una mejor condición bioclimática, pudiendo ser natural o artificial.

Una problemática común se refiere a que, dentro del diseño adecuado de espacios habitables, particularmente a los aspectos de confort bioclimático, la mayoría de los arquitectos desconocen la diferencia significativa entre las reacciones fisiológicas y psicológicas de los huéspedes (Bojórquez, 2010: 23), por lo que es importante la realización de este tipo de proyectos que sirvan para crear información científica sobre los impactos en el confort del usuario de la vivienda en climas adversos.

Está comprobado que a medida que las condiciones climáticas se vuelven más incómodas, la gente se vuelve más irritable y su capacidad de efectuar tareas físicas y mentales se reduce considerablemente. Por lo que una manera de combatir estos efectos adversos causados por el calor es utilizando sistemas de aire acondicionado, abanicos, equipos refrigerantes, etc., el gran problema es que estas medidas demandan mayor consumo de electricidad y esto encarece la vida de la población (Rojo, *op. cit.*: 74). Es necesario el desarrollo de proyectos de este tipo que contribuyen al conocimiento de nuevas maneras de actuar de una manera sustentable en contra de condiciones climáticas que propician el *estrés térmico*.

### 1.3 Justificación e importancia del proyecto

Estudios han demostrado que la interacción con la naturaleza, a través del espacio público verde (o naturación urbana), se asocian con la salud mental, otros estudios afirman que los servicios eco-sistémicos urbanos como la reducción de la contaminación del aire y el enfriamiento urbano tienen múltiples beneficios para la salud a largo plazo. Por lo anterior, la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda un mínimo de 9 metros cuadrados de área verde per cápita por persona (UN-habitat, 2015: 8), convenientemente, el proyecto aquí contenido los cumplió al tener un área de 44 m<sup>2</sup> con vegetación introducida, teniendo un promedio agregado de 11 m<sup>2</sup> por persona en la vivienda en la que se experimenta con el sistema de acondicionamiento térmico alternativo de este proyecto, además de la vegetación ya existente en la vivienda que acumulaba 2.8 m<sup>2</sup>/habitante.

En la ciudad de Culiacán se ha tenido una devastación de la flora nativa, debido a que la región ha sufrido una expansión del uso de suelo agrícola, y el crecimiento poblacional ha sido descontrolado, sin una planeación incluyentemente verde. Por lo que una de las contribuciones importantes que este proyecto plantea, al trabajar mediante una producción micro-climática natural con una respectiva naturación de espacios aledaños a los espacios interiores de la vivienda mediante especies regionales, es el aporte hacia la resiliencia en la flora natural local, pudiendo ser un ejemplo a ser replicado en distintas partes de la ciudad, o bien, en viviendas ubicadas en distintas ciudades con condiciones climáticas similares, aportando también hacia la resiliencia vegetativa de las regiones que contengan a dichas ciudades. El proyecto contribuye también hacia la disminución del efecto “isla de calor” local a la reducción en la generación de CO<sub>2</sub> equivalente -al disminuir el tiempo de uso de los sistemas de aire acondicionado convencional-, a la salud física y mental de los usuarios que estén en contacto directo con el sistema y su vegetación y hacia la educación sustentable de las personas beneficiadas, así como de las personas involucradas o interesadas en llevarlo a cabo. Finalmente, pero con un alto grado de importancia, el proyecto muestra una forma de adaptación hacia los nuevos retos climáticos que se experimentan actualmente y que tienen panoramas cada vez más adversos en el futuro inmediato, pues demuestra que puede ser una estrategia de amortiguamiento térmico de la vivienda, en donde se mitigue el *estrés térmico* causado por las condiciones climáticas externas.

Si la prueba piloto realizada en este proyecto, y se evaluada a través de este trabajo, resulta efectiva y convincente para el lector, tendría el potencial para ser aplicada en cientos de miles de viviendas que carecen de diseño bioclimático o de trato térmico en Sinaloa, o bien, en ciudades con características climáticas cálido-húmedas y cálido-secas. Además, al poder resultar efectivo en dimensiones domésticas, sin duda, el sistema podría tener aplicaciones en edificaciones de mayores dimensiones, por ejemplo: complejos medianos como gimnasios; clínicas y hospitales; hasta complejos de mayores dimensiones como centros comerciales, aeropuertos, desarrollos turísticos, hotelería, por mencionar algunos.

## 2 MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes empíricos del tema

Diversos estudios se han realizado para exponer cómo las plantas benefician los espacios en donde el ser humano se desarrolla. Algunos de los investigados, hasta el momento, se refieren al caso de los árboles contenidos dentro de las zonas urbanas. Como el que se encargó de realizar modelos que exponen el impacto global del arbolado sobre la temperatura media de grandes zonas urbanas, este fue realizado en 1998 por Simpson en Sacramento, California, en donde se obtuvieron reducciones de temperaturas de hasta 2,3°C en zonas residenciales con coberturas arbóreas tan sólo del 15%, también se ha evaluado la reducción térmica proporcionada por la sombra de diversas especies de árboles, destacando por su mayor poder de reducción: *Broussonetia papyrifera* (22,6%), *Morus alba* (16,8%), *Celtis australis* (16,5%) y *Platanus spp.* (13,7%). Por el contrario, destacan por su bajo nivel de reducción de temperatura *Albizia julibrissin* (4,9%), *Prunus cerasifera* (5%), *Populus spp.* (6,1%) y *Catalpa bignonioides* (6,4%). (Del Río, 2008: 28).

Las plantas cumplen un papel muy importante en la regulación de la temperatura y la humedad, si las superficies construidas por el hombre (pavimentos, edificios) son hechas con materiales lisos, como el concreto, la radiación solar se absorbe con mayor facilidad, aumentando las temperaturas de las ciudades, causando el efecto llamado “isla de calor”. En este tipo de entornos cálidos, la presencia de vegetación puede refrescar la temperatura exterior en 5°C, misma reducción que aportaría un 50% en ahorros de refrigeración en las edificaciones, disminuyendo el incremento provocado por el comentado efecto de *isla de calor* dentro de las ciudades. En la cubierta de una edificación, las especies vegetales aumentan el aislamiento térmico, ya que estas y el sustrato hídrico evitan que se generen fluctuaciones en la temperatura interior, esto se debe tanto a la propiedad de la vegetación de reflejar los rayos solares, como a la inercia térmica que aporta el sustrato mismo (Chanampa, 2009: 63-64).

Otro estudio relacionado explica que, en relación con la atmósfera urbana, los árboles actúan como reguladores de temperatura, aportando beneficios micro-climáticos, limpiando el aire, fijando suciedad y partículas de polvo, absorbiendo CO<sub>2</sub>, dióxido de sulfuro y otros contaminantes y componentes de la lluvia ácida. Deducen que los árboles urbanos son 15 veces más eficientes

en eliminar CO<sub>2</sub> que los forestales y que alcanzan su mayor capacidad de fijación del dióxido de carbono a los 10 años de edad (Calleja *et al.*, 2013: 2).

“La reducción media máxima de temperatura, debida a un árbol, está en el rango de 0,04 a 2°C por porcentaje cubierto de copa. La reducción de la temperatura por parte del árbol puede mejorar la calidad del aire, ya que la emisión de muchos contaminantes químicos depende de la temperatura, reduciendo la formación de ozono. La evaporación de un árbol individual puede producir el efecto refrigerante de 10 habitaciones con aire acondicionado funcionando 20 horas al día.

Los árboles contribuyen a la reducción de los compuestos orgánicos volátiles (VOC's), que están directamente relacionados en la formación de ozono y monóxido de carbono, ya que su liberación depende de la temperatura y los árboles generalmente disminuyen la temperatura del aire. Un incremento en la superficie de la copa puede reducir las emisiones de VOC's y por ende, los niveles de ozono en zonas urbanas”.

*Segmento del artículo “Arboricultura”, 2013*

*(Id. supra)*

La NASA, en el año de 1989 expuso un estudio sobre la relación entre el aire limpio y la capacidad de absorción de contaminantes de las plantas, dicho estudio aboga que desde la existencia del hombre en la Tierra, este depende de un sistema de soporte de vida que implica una intrincada relación con las plantas y los microorganismos asociados, por lo que resulta obvio que cuando se trata de aislar a sí mismo en construcciones herméticamente cerradas lejos de este sistema ecológico, surgirán problemas. Incluso sin la existencia de cientos de productos químicos orgánicos sintéticos que liberen gases en ambientes cerrados herméticamente, los productos de desecho propios del ser humano causarían problemas de contaminación del aire en interiores. La respuesta a estos problemas también es obvia: si el hombre se mueve en ambientes cerrados, ya sea en la Tierra o en el espacio, debe llevar consigo un sistema de soporte vital de la naturaleza (Johnson *et al.*, 1989: 2).

Un análisis digno de mención es el publicado en 2009 en el Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos, en Barranquilla, que trata sobre la ciudad de Mexicali, México, una ciudad que al igual que Culiacán, se ubica en la región noroeste de México, y coincide en altas

temperaturas, teniendo un clima cálido-sub-húmedo, de acuerdo con la clasificación de Köeppen-García, parcialmente coincidente con el clima de Culiacán, pues este tiene clima cálido-seco pero de junio a octubre, presenta un clima cálido-húmedo (Rojo, *op. cit.*:17) por lo que, al igual que en Culiacán, se utilizan los sistemas de aire acondicionado convencionales en gran medida. Aquí se habla sobre la contaminación causada a causa del uso de dichos sistemas. En el artículo, se expone que las emisiones desmedidas de Gases de Efecto de Invernadero (GEI) a través de los años, principalmente de bióxido de carbono, han provocado cambios en la climatología de nuestro planeta a través del calentamiento global, y señala que es importante no perder de vista que los gases refrigerantes pertenecen a este grupo de sustancias y poseen la mayor capacidad para retener calor en la atmósfera terrestre (Calderas *et al.*, 2009: 1).

La reducción de la capa de ozono causada por la emisión de clorofluorocarbonos (CFC) dio origen al Protocolo de Montreal en 1987. Con este convenio se logró la regulación, así como la reducción de la producción y consumo de Sustancias Agotadoras de la Capa de ozono (SAO, por sus siglas en inglés).

En el año de 2009, la ONU-Hábitat expuso que los aumentos de las temperaturas coinciden con el aumento de consumo de energía para la refrigeración y que la pérdida de la cubierta vegetal en las ciudades, en forma de parques, árboles y tierras agrícolas, eleva las temperaturas urbanas, y contribuye al cambio climático (ONU-Hábitat, 2009). Un aspecto importante a considerar se refiere a que los gases HFC y PFC (hidrofluorocarbonos y perfluorocarbonos) no fueron controlados por el Protocolo de Montreal ya que no contribuyen al agotamiento de la capa de ozono estratosférica. Sin embargo, estas sustancias químicas son objeto de preocupación debido a su elevado Potencial de Calentamiento Global (PCG) (Calderas *et al.*, *op. cit.*: 1).

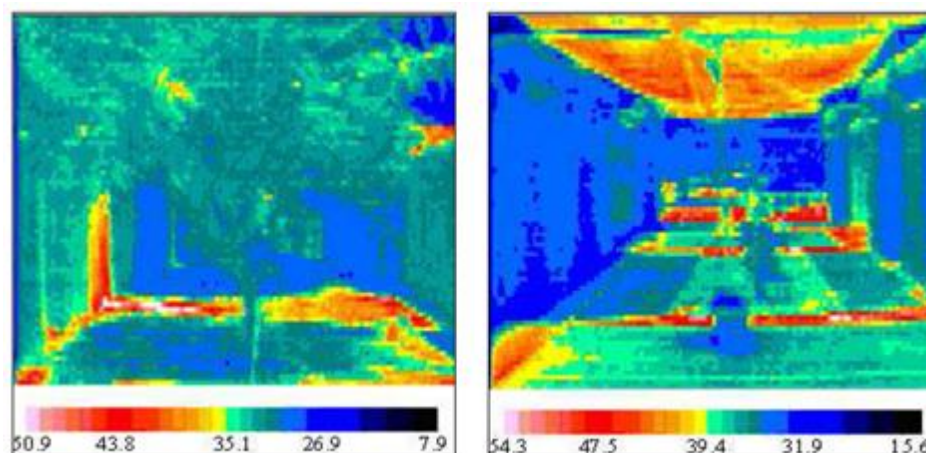
Con la intención de analizar proyectos que comparten cierta similitud con el de este, en donde se naturaliza arquitectónicamente un proyecto, se analiza y se expone el beneficio bioclimático, con sus pros y contras, se exponen los siguientes casos:

En la ciudad de México, en la colonia Roma, Delegación Benito Juárez, se encuentra un edificio que fue remodelado por el arquitecto Gerardo Velázquez Flores, este cuenta con una climatización pasiva mediante plantas que presenta un sistema interesante y en cierto grado parecido al de este proyecto: se trata del edificio de la compañía CIHAC llamado “M16”, mismo

que recibió una certificación LEED Platino. En él, para la ventilación fue necesaria la incorporación de dos áreas vegetativas estratégicas, una se ubicó en la fachada sureste, que se calienta durante las mañanas de invierno y por el que es posible tomar el aire caliente que, con ayuda de un equipo mecánico de ventilación, entra al edificio. La segunda se ubica en el patio noreste del edificio, cubierta por la torre de servicios, ésta toma el aire fresco del espacio para introducirlo por medio de un sistema de filtrado, inyectando el aire por el norte del edificio, el aire interior se desplaza hacia la colindancia sur, donde es extraído a través de un ducto que es calentado únicamente para jalar el viento naturalmente y provocar el fenómeno de convección forzada de esta manera. Finalmente, se cuenta con un equipo mecánico para su extracción, las plantas de la fachada, en verano tienen hojas que no permiten el paso de la luz solar, pero en invierno dichas plantas caducifolias permiten el paso completo de la luz. Así, los trabajadores en este edificio tienen una mejor calidad de aire que la exterior del mismo. (Mundo HVAC&R, 2014)

Uno de los antecedentes con mayor utilidad hacia este proyecto fue el experimento realizado en Negev, al sur de Israel por Boumaraf y Tacherift (ambos pertenecientes a la Universidad Mohamed Khider, en Biskra, Argelia), donde se midió con distintas técnicas sofisticadas, el efecto que tiene la vegetación irrigada en cuestiones de *estrés térmico humano* dentro de zonas calientes y áridas, buscando contrarrestar las *islas de calor* mediante una teórica *isla de frescor* creada mediante vegetación circundante, en donde el mecanismo principal es utilizar la evapotranspiración como sistema enfriador. Aquí se aboga por que el efecto termal moderante que tiene la vegetación no es sólo *evaporativo*, sino *radiativo*, debido a las temperaturas más bajas de las superficies del suelo sombreadas con vegetación. El experimento consistió en utilizar estrategias de paisajismo, incluyendo seis combinaciones de cubiertas de suelo -utilizando pavimento y pasto-, con tres tipos de tratamiento superior: expuesto, sombra de árboles y sombra de malla. Este experimento se llevó a cabo en espacios similares entre sí, con el mismo sistema constructivo, mismos materiales, mismas dimensiones (15 x 6 m) y misma orientación, ambos diferenciados el uno del otro por contar o no con vegetación arbórea madura, y el patio que no contaba con vegetación contaba con una malla o “malla sombra”.

Mediciones térmicas secas y de bulbo húmedo se llevaron a cabo en cada patio usando termopares de Copper/Constantan en pruebas psicométricas durante julio y agosto de 2010, en una medición que duró entre 3 y 4 días en un ambiente de entre 20 y 33° C (en uno de esos, entre dos árboles de Mezquite (*prosopis juliflora*) plantados en uno de los patios y en el otro se expone el mismo punto central, pero con un ambiente expuesto libre de vegetación, cubierto con una malla sombra). A continuación, se muestra la imagen térmica de ambos patios:



**Imagen A06** – Imágenes térmicas de ambos patios. Fuente: (Boumaraf *et al.*, 2012: 250)

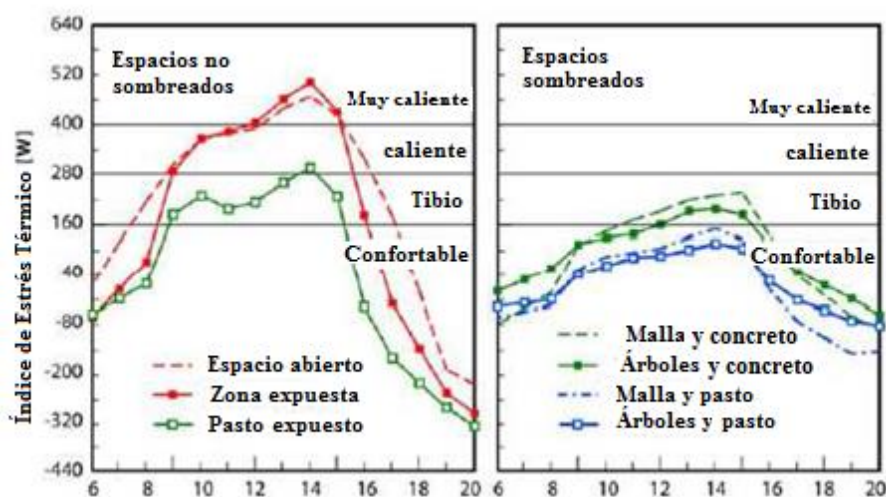
El agua utilizada en la irrigación se estimó utilizando mini lisímetros hechos a la medida, la tasa de *evapotranspiración* se determinó a partir del cambio periódico en el peso del lisímetro, medida por hora con una alta resolución inicial de la escala electrónica del tiempo diario de riego. La transpiración de los árboles se midió por el método de flujo de savia, que relaciona la tasa de transpiración de la tasa de flujo de savia en el tronco de un árbol. El método usa pares de sondas de temperatura cilíndricas insertados en la albura (capa intermedia entre la corteza de un tronco y el centro -llamado duramen-), con la sonda superior calentado por el efecto Joule a una velocidad constante y la sonda inferior (referencia) sin calentar. Finalmente, la *eficiencia evaporativa* fue calculada en computadora desde una relación empírica basada en la presión de vapor del aire circundante, así como en la velocidad del viento y el coeficiente de ropa.

Los resultados de este experimento mostraron que la introducción de cubierta vegetativa irrigada (pasto), en lugar de pavimento o suelo natural redujo el *estrés térmico* significativamente. En el caso de la sombra, ya sea por los árboles o malla, también llamada “malla sombra” -pero sin cubierta vegetativa-, el efecto atenuante sobre el *estrés térmico* de peatones durante horas de



mediodía es más pronunciada que la observada con el pasto expuesto. También puede verse que el tratamiento de sombreado vegetativo (o barrera arbórea) se traduce en un menor número de horas de incomodidad que en el tratamiento con malla, debido en gran parte a las altas temperaturas radiantes (45-50 °C) de la superficie inferior de la malla con respecto a la parte inferior de copas de los árboles, que se mantuvieron cerca de la temperatura del aire de patio de hasta aproximadamente 35 °C, como se muestra en la imagen anterior.

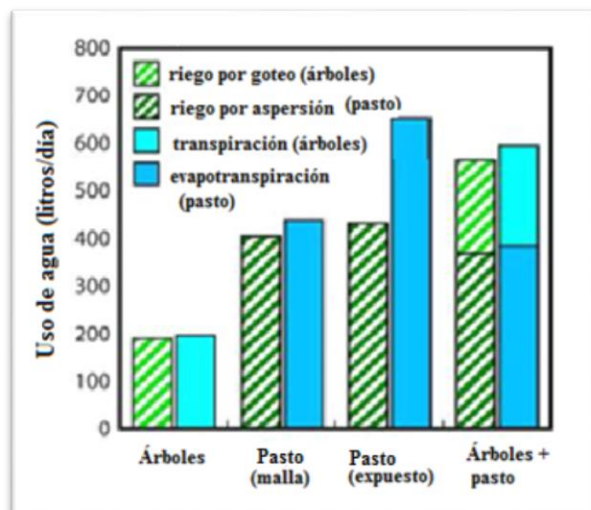
En la siguiente imagen, se muestra el *índice de estrés térmico* resultante del experimento respecto a la hora del día:



**Imagen A07:** Resultados gráficos sobre experimento. Fuente: (Boumaraf *et al.*, 2012: 252)

La adición de una cubierta vegetativa (con pasto) bajo los árboles o debajo de la malla produce una modesta, pero esencial reducción adicional dentro del *índice de estrés térmico*, ya que estas combinaciones de sombreado y cubierta de tierra verde propician, como resultado, un estado térmico definido como "cómodo" durante todas las horas del día. Una vez más, se observa una pequeña ventaja durante el día para la configuración puramente vegetativa (árboles y hierba) comparada con malla sombra simple, lo que significa que el espacio totalmente "verde" produce que el pico clímax dibujado dentro del *índice de estrés térmico* sea menor.

En la siguiente imagen se expone el uso diario de agua para cada tratamiento vegetativo, en términos de irrigación proveída y la pérdida actual de agua mediante evapotranspiración (ET), cabe mencionar que los valores descritos no están normalizados:



**Imagen A08:** Resultados hídricos.  
Fuente: (Boumaraf *et al.*, 2012: 253)

Fue evidente que el tratamiento vegetativo mediante sombra de árboles, partiendo de los valores relativos, con creces, tuvo la más alta eficiencia de cualquiera de los otros tratamientos vegetativos con un valor que es 2,5 veces más alta que la del pasto a la sombra de los árboles (que a su vez es un poco más alto que el del pasto a la sombra de malla sombra). Mientras que el pasto expuesto tuvo un efecto significativo de enfriamiento, su elevado consumo de agua le da la más baja eficiencia, sólo la mitad del pasto a la sombra.

Las conclusiones fueron:

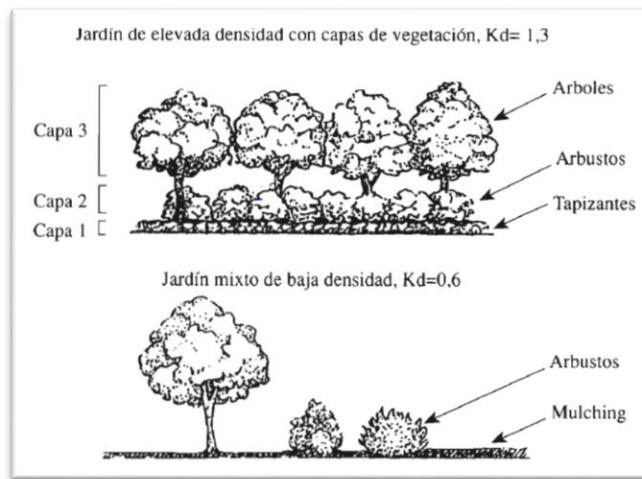
- Cada uno de los tratamientos de paisaje logró una clara contribución a la mejora del *confort térmico*, pero el que contribuyó más significativamente al medio día fue la combinación de árboles de sombra y pasto.
- El tratamiento vegetativo que alcanzó la más alta *eficiencia de enfriamiento* en términos de consumo de agua fue la configuración de sólo árboles de sombra. El enfriamiento adicional proporcionado por el pasto, fue insustentablemente superado por su alta demanda de agua, que fue mucho mayor aun cuando se expuso al cielo en lugar de ser sombreado por árboles o malla.

- Moderadas mejoras hacia la reducción de *estrés térmico* fueron hechas por los elementos del paisaje individualmente (pasto, árboles o malla) y de manera aislada -que indica su utilidad, por un lado, y, por otro lado, muestra el valor sinérgico de estrategias combinadas en términos de comodidad térmica, así como la eficiencia del uso del agua-.
- La vegetación puede hacer una contribución sustancial a la comodidad térmica humana, incluso cuando su efecto sobre la temperatura del aire es insignificante. (Boumaraf *et al.*, 2012, 249-254)

El autor J. R. Clark en su artículo “*Estimación de las necesidades hídricas de las plantas de jardín*” (un artículo que consta en determinar la cantidad de agua de riego necesaria teniendo en cuenta el agua que mediante evapotranspiración pierden las plantas), menciona puntos muy importantes que se relacionan a la transpiración de las plantas de jardín y sus efectos en el microclima circundante. Se citan textualmente a continuación:

- Los jardines con elevada densidad de plantación suelen tener mayores pérdidas hídricas por transpiración que las zonas con baja densidad de plantación. (1995: 118)
- Un jardín con árboles, arbustos y plantas tapizantes necesita más agua que un jardín similar con sólo plantas tapizantes. (*id.*)
- Una plantación de árboles de hoja caduca pierde entre un 25 y un 80% más de agua con cubierta vegetal que sin ella, el aumentar el área foliar evaporante en la plantación también aumentarán su coeficiente de cultivo y ET. (*id.*)
- Muchos jardines incluyen variación de microclimas: lugares más frescos, sombreados y protegidos y otras zonas más cálidas, soleadas y aireadas. Estas variaciones influyen de modo significativo en la ET. (*ibíd.*, 118-119)
- Los coeficientes de los cultivos frutales asumen un mayor contenido de agua en el suelo (*ibíd.*, 120)

- Una plantación de frutales con cubierta vegetal puede tener una ET entre un 25 y 80% mayor que una plantación desnuda. Generalmente a mayor superficie foliar, mayor será la ET. En los jardines, las plantas tapizantes se suelen plantar bajo los árboles, también de modo similar arbustos y tapizantes a la vez suelen plantarse conjuntamente bajo los árboles. A causa del modo crecimiento propio de cada tipo de vegetación, se obtienen “capas” de vegetación. Este efecto de capas aumentará la pérdida total de agua de la plantación. (*ibíd.*, 123)

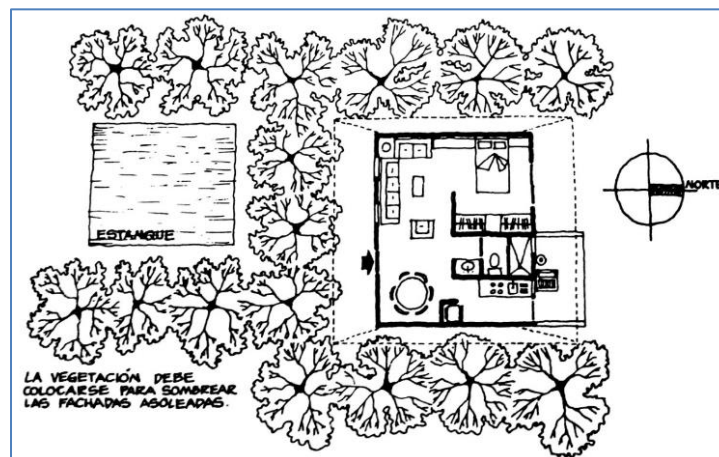


**Imagen A09:** Capas de vegetación. Fuente: (*ibíd.*, 126)

- El área foliar total transpirante será probablemente mayor en una plantación de tres capas que en una plantación de dos o una capa. (*ibíd.*, 123)
- Las condiciones ambientales pueden variar considerablemente en un jardín. Las estructuras o pavimentación típicas de los jardines urbanos pueden influir considerablemente en las temperaturas foliares y del aire, el viento y la humedad. (*ibíd.*, 124)
- Los aspersores aportan agua a toda la zona plantada, no solamente a los cepellones con lo cual gran parte del agua proporcionada cae fuera de la zona útil. [...] Obviamente, esta no es una manera eficiente de aportar agua a una plantación nueva, por lo que se debería considerar la instalación de un sistema de riego más eficiente, como el riego por goteo o el riego manual. (*ibíd.*, 126-127)

Dentro de la sustentabilidad existen algunos intentos por aportar a la resiliencia verde como lo intenta este proyecto, uno de los ejemplos destacados es el de Guillermo Dascal, que propone una estrategia para tener Espacios Verdes Apropriados (EVAs) dentro de las ciudades, que, a grandes rasgos, busca mantener los espacios verdes públicos en óptimas condiciones acentuando elementos o enfoques que ayuden a tener una larga vida útil de dichas áreas verdes a un bajo costo, utilizando estrategias que se enfocan al bajo costo de mantenimiento, diseño participativo social, Implantación de especies ecológicamente apropiadas, rústicas, resistentes, con bajos requerimientos de agua, mejoramiento del sistema de mantenimiento, identificación del espacio por los usuarios, mediante sus participaciones activas desde el diseño hasta la implementación y estrategias para reducir los focos de inseguridad (Dascal, 1994: 7-12)

El autor Armando Deffis Caso en su libro “La casa ecológica autosuficiente” expone algunas estrategias bioclimáticas que están directamente relacionadas con la estrategia general que realiza el sistema experimental de acondicionamiento térmico que en este trabajo se desarrolla. Primeramente, el autor expone que la vegetación alrededor de la casa modifica el microclima existente. Aquí, deben sombrearse muros orientados al sur, oriente y poniente, al igual que el suelo de la vivienda para evitar la ganancia de calor. Explica que los cuerpos de agua o la humedad de la vegetación exterior reducen la temperatura del aire, tanto externamente como internamente (1998: 152). Se muestra una imagen de su libro explicando lo anterior:



**Imagen A10.** Vegetación alrededor de la casa. Fuente: (Deffis, 1994: 152)

Otra de las estrategias que el autor menciona se llama “patio refrigerante” y básicamente consta en utilizar un patio central en una casa que cuente con habitaciones y espacios habitables

perimetrales, para que la sombra y la humedad que se tiene en el patio mediante la ventilación natural refresque el espacio circundante, estas estrategias tienen una influencia arquitectónica árabe-española (*ibíd.*, 153). La estrategia se muestra en la imagen siguiente:

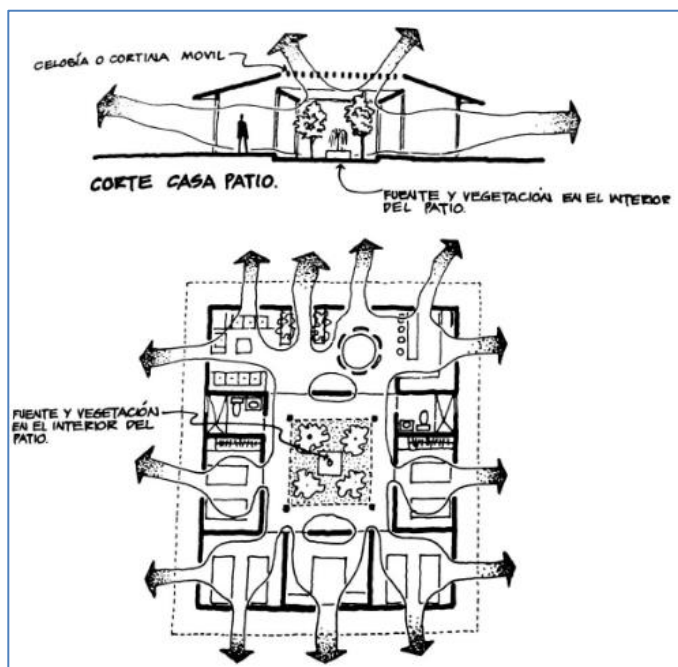


Imagen A11. Patio refrigerante. Fuente: (*id.*)

Finalmente, Deffis expone una tercera estrategia donde se utiliza una chimenea solar para la extracción del calor de la casa, al mismo tiempo que se introduce aire fresco proveniente de vegetación y humedad exterior a la casa (*ibíd.*, 157). La estrategia se muestra en la siguiente imagen:

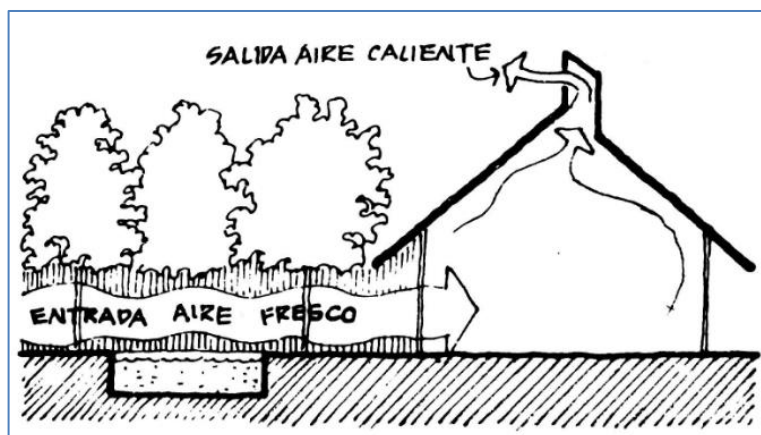


Imagen A12. Chimeneas solares. Fuente: (*id.*)

El sistema experimental de este proyecto contiene una estrategia general híbrida que utiliza parte de las tres estrategias definidas por Deffis simultáneamente, así como estrategias adicionales también fundamentadas.



## 2.2 Referencias conceptuales del tema

Para el completo entendimiento de este proyecto, es prudente definir la siguiente terminología. Algunos de los términos que serán definidos a fondo aquí fueron previa y brevemente explicados en el apartado 1.1.1 – “definición de términos”, para el lector que ya conozca toda la terminología que se define en este apartado, le es posible prescindir del mismo y continuar directamente en el bloque 3 llamado “diseño metodológico”. Es importante aclarar que el orden en que organizan los conceptos es conforme a la importancia y presentación del término dentro del proyecto, grados de complejidad y relaciones existentes entre ellos.

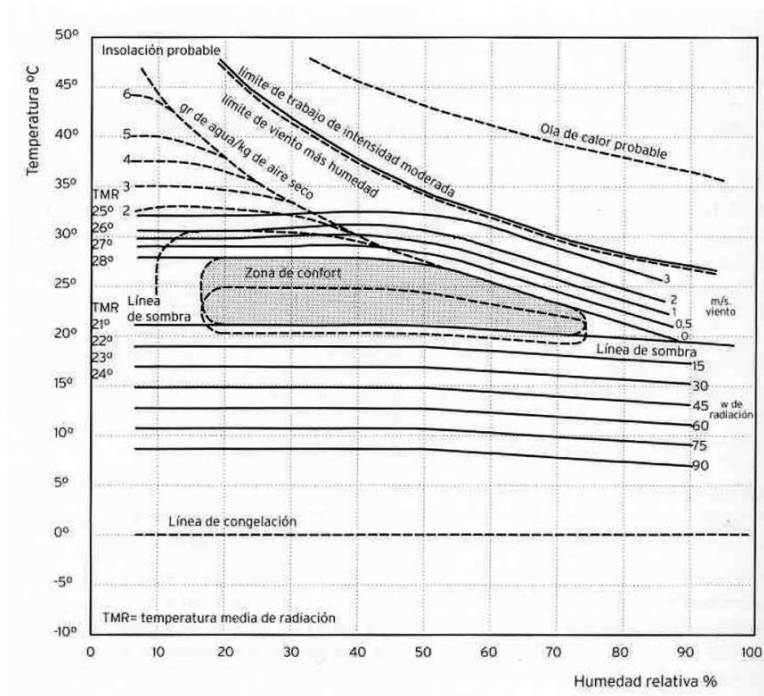
### 2.2.1 Confort térmico (o confort higrotérmico)

También conocido como *confort higrotérmico*, se refiere a la ausencia de malestar térmico en el individuo (también conocido como *estrés térmico* o *disconfort térmico*), es producto de un conjunto de condiciones materiales y físicas que generan un ambiente circundante que provoca que los mecanismos fisiológicos termorreguladores del ser humano no tengan la necesidad de intervenir (Sánchez Sepúlveda, 2015: 7)

Según el diagrama bioclimático de Víctor Olgyay, dibujado en los años 50 y desarrollado en la Universidad de Berkeley, el *confort térmico* es una zona de percepción sensorial que se encuentra entre los 20 y 25°C en la sombra y de los 21 a los 28 en exposición solar directa, aunque se admiten pequeñas fluctuaciones en función de la humedad del ambiente, también influye la actividad y el tipo de usuario. Con respecto a la humedad, se considera que, en condiciones de *confort*, la humedad relativa deberá estar entre el 40 y el 65%, sin embargo, este autor delimita a la *zona de confort térmico* en el verano y en las zonas de los trópicos dentro de los parámetros térmicos de 23.3°C y los 26.7°C, con una humedad relativa entre el 30 y el 70% (Olgyay, 1998 :18). Es importante la diferenciación entre temperatura húmeda y seca, el grado



de humedad del aire condiciona enormemente la percepción de la temperatura por el usuario (López de Asiain, 2003: 4). A continuación, se muestra el diagrama de Olgyay:



**Imagen A13:** Diagrama bioclimático de Víctor Olgyay. Fuente: (López de Asiain, 2003: 4)

El autor Fuentes Freixanet, dentro del aspecto arquitectónico, define al *confort térmico* como la percepción del medio circundante mediante la piel principalmente, con condiciones que pueden favorecerse mediante el diseño de los espacios arquitectónicos y sistemas pasivos de climatización, repercutiendo en la salud y confort de los usuarios (2004: 20). Al ser *confort higrotérmico* lo diferencia del *confort térmico* al incluir el parámetro de confort de humedad, es decir, la humedad desempeña un papel importante en los mecanismos de intercambio térmico del cuerpo, como en la sudoración y en la evaporación e intercambio térmico a través de la respiración. Destacando que, aunque el rango de confort de humedad es amplio, al estar fuera de él, el sistema respiratorio y el cutáneo son impactados directamente.

En los campos tanto biológico como físico-químico, Critchfield, en el año de 1974, da una explicación operativa sobre el *confort térmico*, definiéndolo como un estado de equilibrio resultante del balance de las cargas térmicas que se intercambian entre el cuerpo humano y su ambiente inmediato, debido al proceso químico del metabolismo y al proceso fisiológico de

termorregulación en respuesta a los elementos externos del clima: radiación, temperatura, humedad y movimiento del aire, como elementos principales (Gómez *et al.*, 2007: 46)

Dentro de la fisiología como en la psicología, el *confort térmico* es concebido como un estado mental en el que se involucran variables subjetivas y no sólo como el resultado objetivo de un balance energético entre el cuerpo humano y su entorno, pues éste no puede entenderse a partir sólo de la consideración del intercambio de calor entre el cuerpo y el entorno, porque también necesita de una serie de acciones que puede realizar para alcanzarlo, tanto internamente, mediante procesos fisiológicos y psicológicos, como externamente, con adecuaciones a su ambiente circundante (*ibíd.*, 49-50).

### **2.2.2 Estrés térmico por calor**

El *estrés térmico* es la pérdida del balance existente entre el organismo y el medio ambiente circundante. El *estrés térmico por calor* es un estado producido por la carga de calor que los seres vivos reciben y acumulan en su cuerpo y que resulta de la interacción entre las condiciones ambientales del lugar donde residen, la actividad física que realizan y la ropa que llevan (en humanos). Es decir, el *estrés térmico por calor* no es un efecto patológico que el calor puede originar en las personas, sino la causa de los diversos efectos patológicos que se producen cuando se acumula excesivo calor en el cuerpo (Armendáriz, 1998: 2). Se puede llegar a tener como resultado a distintos efectos negativos psicológicos, fisiológicos y físico-patológicos (Universidad de Santiago de Compostela, n/d).

### **2.2.3 Humedad Relativa (HR)**

La humedad relativa, HR [%], se refiere a la proporción de vapor de agua real en el aire comparada con la cantidad de vapor de agua necesaria para la saturación a la temperatura correspondiente. Indica qué tan cerca está el aire del punto de saturación. Su medición es en porcentaje entre 0 y 100, donde 0% significa aire seco y 100% aire saturado (Meruane, 2006: 3).

#### 2.2.4 Convección

La convección se refiere a una de las tres formas de transferencia de calor, ésta se caracteriza porque se produce por medio de un fluido (líquido o gaseoso) que transporta el calor fluyendo entre zonas con diferentes temperaturas (Nahle, 2006). Esta transferencia de calor se puede forzar utilizando métodos ajenos al fenómeno natural que obliguen a que se acelere el intercambio térmico.

El autor Fuentes Freixanet, dentro del campo de la arquitectura bioclimática, define a este término como la transferencia dada a través de los fluidos, en este caso el aire, y explica cómo la transferencia de la energía por convección se puede lograr en dos sentidos: primeramente, por el control de las fugas e infiltraciones, donde el control se lleva a cabo mediante un diseño adecuado de las ventanas y puertas, incluso esclusas térmicas que den ciertos grados de hermeticidad al edificio; y en segundo término, por el manejo adecuado de la ventilación natural, la cual tiene que ver en gran medida también con el diseño de las aberturas y ventanas, pero principalmente con el diseño arquitectónico del inmueble, recomendando así las formas alargadas y orientadas hacia los vientos dominantes para propiciar una mejor ventilación natural (2004: 198-199)

#### 2.2.5 Temperatura radiante (radiación)

La *temperatura radiante* es un factor directamente relacionado a la exposición solar y a la radiación proveniente de sus rayos. Esta radiación afecta de manera significativa la sensación térmica del organismo, incluso hay estudios que sugieren que la temperatura radiante es más significativa que la temperatura del aire en dicha sensación (Fuentes Freixanet, 2001: 62).

### 2.2.6 Absortancia, Reflectancia y Transmitancia

Propiedades de la radiación al momento en que una energía radiante impacta sobre la superficie de un cuerpo: *Absortancia*, definida como la fracción de la radiación incidente absorbida por un material, se representa con el símbolo ( $\alpha$ ); *Reflectancia*, representada por el símbolo ( $\rho$ ), es la fracción de la energía incidente reflejada por el material; finalmente, *Transmitancia* es la fracción de la radiación incidente transmitida a través del material y se representa con el símbolo  $\tau$  (Jaramillo, 1998: 20). Son también conocidas como *absortividad*, *reflejancia* y *transmisividad* (Almanza *et al.*, 2009: 406)

### 2.2.7 Índice de calor

El índice de calor o temperatura aparente es definido como la temperatura que es percibida por un individuo, es decir, se refiere a una temperatura ambiental corregida y equivalente, que refleja el efecto tanto de la temperatura y la humedad relativa sobre la fisiología humana, este índice se creó a partir de que la temperatura y la humedad relativa tienen mediciones inequitativas con respecto a la sensación de calor, donde sólo se toma en cuenta a la temperatura. (Rojo, *op. cit.*: 63)

### 2.2.8 Diseño pasivo arquitectónico

*Diseño pasivo* es la implementación de características en edificaciones que trabajan en colaboración con procesos naturales y utilizan, tanto para la calefacción o enfriamiento, la ventilación y la iluminación, los efectos de reducir al mínimo el consumo de energía al tiempo que proporciona las condiciones de vida confortables. Contrariamente, un *diseño activo* implica la ejecución de las funciones que necesitan aporte de energía, como la electricidad o el gas. (Parsons, 2011: 42) Este tipo de diseño puede ser aplicado una vez que haya hecho el análisis previo y un extenso análisis de las características climáticas y microclimáticas del emplazamiento de un proyecto, entonces se toman decisiones de diseño para aprovechar las ventajas del clima y minimizar sus desventajas, con el objetivo de alcanzar el bienestar de los usuarios de las edificaciones públicas con un mínimo consumo de energía (Trebilcock *et al.*, 2012: 22).

### 2.2.9 Microclima

El autor Álvaro Promis en su artículo “*Microclima en el interior de un bosque de Nothofagus pumilio y el efecto de una corta de regeneración*”, basándose en los autores Barnes, Lee y Aussenac, define el concepto de *microclima* de la siguiente manera:

“El microclima define el conjunto de condiciones climáticas propias de un punto geográfico o área reducida y representa una modificación local del clima general de la región debido a la influencia de distintos factores ecológicos. La presencia de cubiertas vegetales y particularmente de cubiertas forestales modifica los parámetros climáticos y crea un microclima cuyas particularidades dependen del clima general y de las características estructurales de la cubierta vegetal.” (Promis *et al.*, 2010: 129)

Se deduce que los microclimas son las zonas con distintas condiciones ambientales dentro de una misma zona climática (Clark *et al.*, 1998: 124)

### 2.2.10 Ecotecnia

La Comisión Nacional para el Desarrollo de los pueblos Indígenas (CDI) la define así:

“Una *ecotecnia* es un instrumento desarrollado para aprovechar eficientemente los recursos naturales y materiales y permitir la elaboración de productos y servicios, así como el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y materiales diversos para la vida diaria” (2014).

### 2.2.11 Naturación

La *naturación* consiste en incorporar vegetación al medio deseado, tanto urbano como rural, si se habla de *naturación urbana* es la acción de incorporar la vegetación al medio urbano con el objetivo de amortiguar el desequilibrio entre la urbanización y la conservación del medio ambiente, esto, a través de la utilización de superficies construidas como fachadas, cercos y techos, para la plantación de especies vegetales que por su resistencia a las condiciones extremas del clima, retención de agua, capacidad de vivir en sustrato mínimo, resistentes a la contaminación del aire, agua y suelo, son aptas para aumentar el área plantada en el ámbito urbano tanto en dirección vertical como horizontal y disminuir las superficies selladas del suelo.

(Carrazana, 2003; Urbano-López de Meneses, 2013), del mismo modo al hablar de *naturación arquitectónica*, donde se incorpora vegetación al medio arquitectónico.

Las plantas de naturación extensiva deben ser de cierta rusticidad, adaptadas al medio ambiente y con raíces superficiales para desarrollarse en poca profundidad. Algunas plantas de interés son las perennes y tapizantes para dar aspecto vistoso todo el año. Las plantas tolerantes a la contaminación urbana y a la salinidad, de crecimiento controlado, de poco peso y con bajo riesgo de incendio han sido probadas. Otras características que deben buscarse en la selección de las especies son la resistencia a la sequía, temperaturas altas, heladas, fuerte radiación o excesiva acumulación de agua. Son recomendables las combinaciones de que puedan dar aspecto vistoso con diferentes alturas, colores y texturas. (Urbano-López de Meneses, *opus cit.* 231)

Urbano-López de Meneses menciona algunos de los más importantes beneficios de la naturación:

- Disminuye la contaminación ambiental mediante la fijación de partículas contaminantes por las plantas y el sustrato.
- Disminuye el efecto invernadero, aportando oxígeno en los ambientes irrespirables de los núcleos urbanos.
- Las cubiertas naturadas de garajes subterráneos reducen el ruido de los coches hasta en 4 decibeles. Considerando que un descenso del ruido en 3 decibeles equivale a una reducción del 50 % de las molestias originadas por el tráfico.
- Reduce ecos.
- Mantiene la humedad debido al retorno del agua de lluvia a su ciclo natural.
- Amortigua las oscilaciones diarias de la temperatura y contribuye a estabilizar la temperatura de la ciudad, pudiendo valorar cada cuatro centímetros de vegetación, más sustrato como si fuera un centímetro de aislante térmico convencional.
- Refresca la temperatura exterior en entornos cálidos hasta en 5-7 °C.
- Intercepta la radiación ultravioleta impidiendo que llegue directamente a la superficie terrestre, ya que la vegetación es capaz de absorber el 80 % de la radiación solar mediante diferentes procesos naturales.
- Posibilita el ahorro de energía debido a un mejor aislamiento de la edificación.

- Los sistemas naturados con aprovechamiento agrícola pueden contribuir al equilibrio del ciclo de residuos convirtiendo los desechos en material para composta.
- Para los usuarios, el mejor aislamiento de la vivienda incide positivamente en las facturas de calefacción, refrigeración y aire acondicionado. Se ha estimado que una reducción de 5 °C puede suponer un ahorro del 50 % en la refrigeración del edificio. En invierno disminuyen las pérdidas de calor, pudiendo reducirse el consumo anual de energía de un edificio en un 6 %.
- El paisaje urbano mejora y los propietarios revalorizan sus inmuebles.
- Los espacios para huertos urbanos se recuperan, lo que influye positivamente en el equilibrio psicosomático de los ciudadanos. Adicionalmente se fortalece la seguridad alimentaria y nutricional, y se contribuye a crear ciudades más verdes (*ibíd.*, 227-228).

### **2.2.12 Transpiración (en vegetación)**

En los procesos vitales de cualquier planta, donde se incluye la fotosíntesis, la distribución de carbono y el metabolismo, se depende de un flujo continuo de agua que va desde el suelo hasta la atmósfera mediante una vía que se extiende desde el suelo, pasa por la raíz de la planta, después por el tallo, continuando por el follaje, y finalmente, hasta la atmósfera a través de las estomas (una estoma es una abertura microscópica del tejido epidérmico de los vegetales, sobre todo de las hojas y partes verdes de la planta, aquí es donde se da el intercambio de gases entre la planta y el ambiente inmediato exterior).

La pérdida de agua de las hojas genera un desbalance de la concentración que ocasiona que mediante la capilaridad se mueva más agua en la planta hasta las hojas para reponer dicha pérdida. Finalmente, la cantidad de agua enlazada químicamente en los tejidos vegetales, o que es parte de los procesos naturales de la planta, es muy pequeña en relación con la cantidad eliminada diariamente a causa de la transpiración (Gliessman, 2002:38)

### **2.2.13 Evapotranspiración y enfriamiento evaporativo**

La evapotranspiración (ET) es el proceso por el cual el agua se transfiere desde la superficie terrestre hacia la atmósfera, incluyendo tanto la evaporación de agua líquida, como sólida directamente desde el suelo, láminas de agua o superficies vegetales, como las pérdidas de agua producidas por la transpiración de las plantas. (Sánchez Toribio *et al.*, 2005: 190)

Es necesario comprender un efecto secundario producido por la vegetación que surge a causa del fenómeno que sucede en las plantas y los árboles: la evapotranspiración. Akbari lo explica del siguiente modo:

“El término *evapotranspiración* se refiere a la evaporación de agua desde la vegetación y los suelos que la rodean. En cálidos días de verano, un árbol puede actuar como un “enfriador evaporativo” natural, usando más de 100 galones de agua al día y de esta manera bajando la temperatura ambiente. El efecto de la evapotranspiración es mínimo en invierno debido a la ausencia de hojas caducas en árboles y las temperaturas bajas ambientales. La creciente evapotranspiración durante el verano, debido a un significativo aumento en árboles urbanos, puede producir un “efecto oasis” en donde las temperaturas del ambiente urbano son bajadas significativamente.” (2002: 120) (Traducción por Heriberto Soberanes)

En este proyecto se utiliza este efecto secundario de la evapotranspiración, que es el responsable de la reducción térmica y aporte microclimático. El investigador Jesús del Río Sánchez, basándose en Akbari, nos proporciona la siguiente cita de dicho efecto secundario:

“La evaporación de grandes volúmenes de agua tanto del suelo como de la transpiración de las hojas, requiere energía calorífica capturada del ambiente, produciéndose un descenso de la temperatura en su entorno. En este sentido los árboles se comportan como grandes *refrigeradores evaporativos*”.

(Del Río, 2008: 27-28)

El autor Fuentes Freixanet define al mismo fenómeno como “*enfriamiento evaporativo*” y explica cómo la transferencia de calor por *enfriamiento evaporativo* se consigue mediante el cambio de fase de agua, del líquido al gaseoso y que, aunque se puede lograr mediante fuentes o estanques, la vegetación juega un papel importante mediante su evapotranspiración. (2004: 199)

En una definición personal sobre *evapotranspiración vegetativa*, ésta se explica como un fenómeno natural que a su vez se conforma de dos procesos físicos simultáneos que suceden



en las plantas: la *evaporación*, en donde, hablando en términos moleculares, la energía cinética vence la tensión superficial de las moléculas de agua, causando que el líquido pase gradual y lentamente de estado físico líquido a un estado físico gaseoso; y la *transpiración*, en donde un líquido es liberado mediante la secreción de un organismo vegetal.

Concordando con las definiciones Akbari y del Río, el proceso se da en el siguiente orden:

- a. El agua es tomada del suelo y la humedad del ambiente por la planta.
- b. La planta consume el agua necesaria para sus procedimientos biológicos y funciones vitales, y la excedente la excreta por medio de las hojas, flores, raíces y tallos (Nouri *et al.*, 2013: 3,899), en dimensiones moleculares.
- c. Las moléculas de agua se evaporan y este proceso, junto con el de la transpiración, consumen energía del ambiente, reduciendo la temperatura y aumentando la humedad, dando como resultado el efecto secundario llamado “*enfriamiento evaporativo*”.

#### **2.2.14 Arquitectura integral**

Este tipo de arquitectura permite realizar construcciones saludables y rentables tanto para las personas como para el ambiente, integrando tecnología y los conocimientos aportados por la geobiología, la bioconstrucción y la bioclimática. La *arquitectura integral* hace un uso racional de la naturaleza, beneficiándola tanto a ella como a los seres humanos.

En su libro “Alcances de la arquitectura integral” el autor Gropius, la define como la integración del binomio arquitectura-ética, en donde se integran -de forma pragmática- todas las propuestas utópicas urbanas del siglo XIX (1957).

#### **2.2.15 Arquitectura bioclimática**

Este concepto reúne las cualidades de la arquitectura popular con el empleo de materiales, técnicas y sistemas novedosos que la hacen no solamente un medio de construcción integrada y respetuosa con el medio ambiente, sino también de alta eficacia energética y con poca emisión contaminante. Las estrategias que contiene, para lograr ser eficientes, tienen que combinarse con una gran inercia térmica en el edificio que absorba los golpes energéticos del calor al medio

día y la bajada de temperatura nocturna, buscando mediante la amortiguación del calor obtener dentro a la temperatura media del día. (Carrazana, 2003: 4)

### **2.2.16 Sustentabilidad**

Sustentabilidad es un término complejo y muy debatido, puede ser mejor definida como la capacidad de la sociedad y los individuos para sostener los sistemas (naturales y artificialmente contruidos) de la vida en que la sociedad y los individuos dependen para su sustento (Palich, 2011: 21).

Con ánimo de intentar una definición propia del autor, se expone la siguiente cita:

“La sustentabilidad es un estilo de pensamiento consciente que parte desde el individuo mismo, participando activamente en la realización de acciones que permitan el equilibrio de coexistencia entre civilización humana y naturaleza -que ha sido hasta el momento utópico-, en donde se le permita a ésta su desarrollo libre, se utilicen sus recursos de forma eficiente y responsable, se respeten sus límites y capacidades. Innovando y perfeccionando tecnologías, procedimientos, y políticas de gestión tanto de recursos como de urbanización que optimicen y/o sustituyan a los que generan impacto ecológico. Formando, finalmente, un movimiento social, cultural y ético necesario, que se sustenta asimismo mediante la concientización de generaciones presentes y futuras con el objetivo principal de contrarrestar el impacto antropogénico en el planeta, procurando no disminuir la calidad de vida humana.”

Heriberto Soberanes Arredondo, 2016

### **2.2.17 Desarrollo sustentable**

El desarrollo sustentable se caracteriza por la satisfacción de las necesidades humanas, manteniendo la calidad del medio natural de forma permanente. El término "desarrollo sostenible" tuvo su primera aparición en la publicación del informe de 1987 de la Comisión Brundtland, que lo definió como “el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”. El campo del desarrollo sustentable puede ser conceptualmente dividido en tres

partes constitutivas: la sustentabilidad del medio ambiente, la sustentabilidad económica y la sustentabilidad socio-política (Palich, *op. cit.*: 9).

El autor Víctor Armando Fuentes lo define en su libro “Clima y Arquitectura” como un desarrollo urbano (el cual se refiere a un proceso programado de adecuación y ordenamiento del medio urbano en sus aspectos físicos, económicos y sociales, y en función de factores dinámicos y cambiantes, como el crecimiento. Dicho desarrollo implica un proceso integral que persigue el equilibrio de los tres aspectos antes mencionados y debe ser concebido como parte integral del desarrollo regional o territorial), que adopta al término “sustentable” y no “sostenible”, pues el primero se refiere a que el desarrollo debe estar sustentado o soportado por las condiciones físicas, económicas y sociales, y el segundo hace referencia a ser mantenido por un periodo prolongado (2004: 17)

#### **2.2.18 Diseño sustentable ambiental**

El diseño sustentable ambiental se refiere al uso de los principios de diseño y las estrategias que ayudan a reducir el impacto medioambiental de las edificaciones. Por ejemplo, mediante la reducción del consumo de energía y recursos, o reduciendo al mínimo las perturbaciones a la vegetación existente. (Palich, 2011: 9).

### 3 DISEÑO METODOLÓGICO

#### 3.1 Supuesto de trabajo

Si con el empleo de un sistema que utilice estrategias de diseño pasivo arquitectónico, naturación con plantas endémicas o regionales y dispositivos de ventilación de bajo impacto se generara un microclima utilizado para la bioclimatización de una vivienda, se crearía un ambiente de *confort térmico* dentro de la misma. De esta manera se tendría una propuesta con posibilidades de tener aplicación masiva como una opción resiliente de climatización utilizada para mitigar al *estrés térmico* generado por el efecto “isla de calor” y las condiciones climáticas locales extremas, así como para generar ahorros económicos dentro del consumo eléctrico.

#### 3.2 Preguntas generadoras

##### 3.2.1 Pregunta principal

- ¿Qué principios de diseño bioclimático y componentes vegetales físicos deben integrar un sistema natural que forje una reducción térmica -particularmente por medio el manejo microclimático-, que pueda ser implementado en viviendas ubicadas en la ciudad de Culiacán, Sinaloa, contribuyendo de tal manera, al *confort térmico* de sus huéspedes, sin causar impacto ecológico?

##### 3.2.2 Preguntas secundarias

###### 3.2.2.1 Cuestiones botánicas

- a. ¿Qué características deben cumplir las plantas que son efectivas a la generación microclimática para espacios domésticos?
- b. ¿Qué especies de plantas endémicas son las más efectivas en la generación microclimática para espacios domésticos?
- c. ¿Qué especies de plantas no endémicas son las más efectivas en la generación microclimática en espacios domésticos?
- d. ¿Qué especies de plantas no endémicas eficientes en generación microclimática son adaptables a las características climatológicas y topográficas de Culiacán?
- e. ¿Es necesaria la implementación de fertilizantes en el proceso de implementación y/o a lo largo de la vida útil del sistema?

- f. ¿Es necesaria la implementación de pesticidas o plaguicidas en el proceso de implementación del sistema?
- g. ¿Qué cantidad de agua para riego necesita el sistema?
- h. ¿Qué sistemas alternos de riego pueden ser aplicados dentro de este sistema?
- i. En caso de ser necesarios, ¿qué tipo de fertilizantes se deben implementar?
- j. En caso de ser necesarios, ¿qué tipo de pesticidas son necesarios para la vegetación a implementar?
- k. ¿Qué tipo de abono se necesita para que el sistema se encuentre en óptimas condiciones?
- l. ¿Cuál es la frecuencia en que se tiene que dar abono a las plantas?
- m. ¿Qué tipo de mantenimientos necesita el sistema?

#### **3.2.2.2 Cuestiones arquitectónicas**

- a. ¿Qué proporción vegetación-espacio se debe cumplir para generar un microclima eficiente para la climatización de la vivienda?
- b. ¿Qué factores arquitectónicos favorecen a la implementación del sistema de acondicionamiento propuesto?
- c. ¿Qué factores arquitectónicos favorecen a las fluctuaciones térmicas dentro de la vivienda?

#### **3.2.2.3 Cuestiones sobre funcionamiento**

- a. ¿Cuál es la estrategia(s) a utilizar para conducir el(los) microclima(s) generado(s) hacia el interior de la vivienda?
- b. ¿Qué posibles sistemas complementarios se pueden considerar para agilizar la conducción micro-climática hacia el interior de la vivienda?
- c. ¿Qué otros sistemas complementarios se pueden considerar para exaltar la reducción térmica buscada?

#### **3.2.2.4 Cuestiones sobre eficiencia ecológica**

- a. ¿Qué comportamiento térmico tiene la casa sin el sistema implementado?
- b. ¿Qué comportamiento térmico tiene la casa con el sistema implementado?

- c. ¿Cuál es la cantidad de consumo extra de agua debido al mantenimiento y funcionamiento del sistema implementado?
- d. ¿Cuántos grados Celsius reduce la aplicación de plantas sin el complemento de estrategias arquitectónicas?

#### **3.2.2.5 Cuestiones sobre costos económicos**

- a. ¿Qué costo representa implementar el sistema?

#### **3.2.2.6 Cuestiones sobre opinión de huéspedes del proyecto**

- a. ¿Qué opinan los huéspedes de la casa que tiene implementado el sistema?

### **3.3 Objetivos**

#### **3.3.1 Objetivo general**

Desarrollar un sistema que logre una reducción térmica por medio del manejo de microclimas producidos a través de evapotranspiración vegetal y estrategias activas y/o pasivas dentro de un diseño integral arquitectónico, identificando sus principios de diseño y funcionamiento. Implementar el sistema en una vivienda ubicada en la ciudad de Culiacán, Sinaloa, contribuyendo de tal manera, al *confort térmico* de sus inquilinos, causando menor impacto ecológico que los sistemas de acondicionamiento de aire tradicionales.

#### **3.3.2 Objetivos específicos**

1. Detallar las características que deben cumplir las plantas que son efectivas en la generación microclimática para espacios domésticos.
2. Identificar las especies de plantas endémicas consideradas las más efectivas en la generación microclimática para espacios domésticos.
3. Identificar las especies de plantas no endémicas que son consideradas las más efectivas en la generación microclimática para espacios domésticos.
4. Descubrir qué especies de plantas no endémicas y eficientes en la generación microclimática son adaptables a las características climatológicas y topográficas de Culiacán, Sinaloa.

5. Mencionar si se necesitará la implementación de fertilizantes en el proceso de implementación y/o a lo largo de la vida útil del sistema.
6. Señalar si es necesaria la implementación de pesticidas o plaguicidas en el proceso de implementación del sistema.
7. Dimensionar la cantidad de agua que será utilizada para riego del sistema.
8. Identificar los sistemas alternos de riego que pueden ser aplicados dentro de este sistema.
9. En caso de ser necesarios, mencionar los tipos de fertilizantes a implementar.
10. En caso de ser necesarios, mencionar los tipos de pesticidas a implementar.
11. Mencionar el tipo de abono necesario para el funcionamiento óptimo del sistema.
12. Describir la frecuencia en que se tiene que dar abono a las plantas.
13. Identificar todos los cuidados extras se deben de considerar con relación al sistema implementado.
14. Describir el tipo de mantenimiento necesario para el funcionamiento óptimo del sistema.
15. Dimensionar la proporción vegetación-espacio a cumplir para generar un microclima eficiente para la climatización de la vivienda.
16. Identificar los factores arquitectónicos que favorecen a la implementación del sistema de acondicionamiento propuesto.
17. Identificar los factores arquitectónicos que favorecen a las fluctuaciones térmicas dentro de la vivienda.
18. Describir la estrategia a utilizar para conducir el microclima generado hacia el interior de la vivienda.
19. Identificar posibles sistemas complementarios a considerar para agilizar la conducción micro-climática hacia el interior de la vivienda.
20. Detallar los sistemas complementarios que pudieran considerarse para exaltar la reducción térmica buscada.
21. Evaluar la temperatura ambiente promedio de la casa sin el sistema implementado.
22. Evaluar la temperatura ambiente promedio de la casa con el sistema implementado.
23. Describir la cantidad de consumo de agua extra que se tiene debido al mantenimiento y funcionamiento del sistema implementado.
24. Definir la proporción costo/beneficio resultante por implementar este sistema.
25. Detallar el costo que representa implementar el sistema.

26. Exponer la opinión de los huéspedes de la casa que tiene el sistema implementado.

### 3.4 Elección metodológica

A lo largo de este trabajo se han manejado los enfoques cuantitativo y cualitativo simultáneos, y se han necesitado informaciones que están contenidas dentro de los paradigmas realista-positivista e interpretativo-hermenéutico. Debido a las mediciones térmicas que se realizaron, se usa el paradigma realista-positivista. Por otro lado, en el enfoque interpretativo-hermenéutico, se enfoca en la opinión de los huéspedes que habitan la vivienda en donde se implementó el sistema, para estar conscientes sobre sus sensaciones cualitativas de *confort* o *estrés térmico* y sus respectivas opiniones sobre la implementación del proyecto.

Debido a que este proyecto tiene resultados tanto numéricos, como sensoriales, la investigación se enfoca al híbrido de usar las dos metodologías científicas: la *metodología cuantitativa* y la *cualitativa*<sup>5</sup>, además de recurrir a una metodología participativa, como fuente de informaciones adicionales y participaciones en medición y construcción de las diversas etapas del proyecto.

- Cuantitativamente, se realizan estudios sobre cambios en la temperatura ambiente dentro de un área tratada con naturación de arquitectura, y después, dentro de una vivienda, comparando resultados con la vivienda misma medida sin naturación en etapas climáticas externas similares o períodos relativamente cercanos, para poder llevar un monitoreo de los efectos que el sistema provoque, utilizando siempre terminología numérica y objetiva. Se justifica, además, un **paradigma realista-positivista** al medir: temperaturas internas y externas, espacios arquitectónicos, humedad relativa, consumos hídricos, costos de vegetación, de abono, proporciones vegetación-espacio, duraciones de vida útil, rangos de disminución térmica de las plantas implementadas, entre otros.
- Cualitativamente, fueron necesarios datos sensoriales sobre los huéspedes de la vivienda, como sensación térmica de *confort* o de *estrés térmico*, opiniones sobre el proyecto, características cualitativas de algunas plantas endémicas o regionales sobre su capacidad

---

<sup>5</sup> Es importante aclarar que se trabajará en distintos niveles con cada uno de ellos.



de enfriamiento del espacio circundante a las mismas, etc. Considerando estas informaciones requeridas, se adoptó el **paradigma interpretativo-hermenéutico**.

- Con respecto a la metodología participativa, desde el paradigma interpretativo-hermenéutico, se utilizó para todas las acciones emprendidas para obtener diversas fuentes de información externas y valiosas, por ejemplo: las opiniones de expertos en botánica sobre las plantas consideradas las más eficientes en el proyecto, los tipos de cuidados que estas necesitan, los mantenimientos requeridos, cuestiones sobre riego, etc.; así como opiniones de arquitectos expertos en bioclimatismo con respecto a los distintos complementos de arquitectura integral considerados. Es importante también la documentación de la experiencia sensorial de las personas y su involucramiento en el proyecto para, además de ser *sujetos de estudio* y facilitar el trabajo en extenso que se llevará a cabo, hacerlos partícipes de un proyecto que incorpora aspectos sustentables, y del movimiento sustentable que se emprende con este tipo de proyectos.

### 3.5 Selección de técnicas y diseño de instrumentos

Para este proyecto se han realizado diversos diseños de instrumentos dentro de las distintas técnicas con la intención de facilitar la obtención de datos primarios, tanto cuantitativos como cualitativos, significativos para la óptima ejecución del proyecto. Se exponen a continuación.

#### 3.5.1 Diseño de experimento<sup>6</sup>

Este experimento alterno al proyecto en Sinaloa tiene como finalidad obtener datos cuantitativos sobre la influencia térmica de las plantas de una determinada área con vegetación endémica. En este caso se analiza un área en Tlaquepaque, dicha área cuenta con una extensión importante de plantas de monte, en donde se genera diariamente un microclima debido a la evapotranspiración de las mismas, ocasionando un descenso en la temperatura y un aumento en la humedad relativa del lugar mediante el efecto secundario de *enfriamiento evaporativo*.

La dinámica se ejecuta con un recorrido realizado a pie, con un dispositivo *datalogger* en la mano, apartándolo en la mayor medida del cuerpo (para que éste no influyera en la medición).

---

<sup>6</sup> Este diseño de experimento no se debe confundir con el sistema experimental que se presentará en este trabajo más adelante.

El dispositivo se programa para tomar una medición cada cinco segundos durante los tres minutos que dura el recorrido aproximadamente. Una vez realizado el experimento, se analizan los datos obtenidos mediante un software llamado “RTH10”, en donde se exponen los datos capturados gráficamente. La dinámica se realiza durante 4 días seguidos y se expone el día en donde las plantas tuvieron una acción enfriadora mayor.

**Nota:**

Para ver el diseño completo y los resultados obtenidos, ir al punto no. 8.1 dentro de la sección de “Anexos”)

### **3.5.2 Diseño de observación directa**

Este método tiene como objetivo registrar el desempeño térmico del proyecto aplicado en la vivienda monitoreada, distinguiendo aspectos físicos contruidos e implementados en el inmueble y midiendo sus variables climatológicas, todo esto mediante dispositivos *datalogger* de medición de temperatura y humedad relativa.

Es un método muy importante para el proyecto, pues evalúa directamente el desempeño del sistema ya implementado y produce un registro numérico de los alcances logrados.

Metodológicamente las observaciones se llevan a cabo en distintas fases: primeramente, el inmueble se monitorea térmicamente en condiciones originales; una vez monitoreado en su estado inicial (es decir, sin el sistema experimental implementado), se monitorea la adición de cada una de las estrategias utilizadas para amortiguar el calentamiento de la casa; después vienen las fases de experimentación: en la Fase A, el inmueble se monitorea con vegetación en el patio con densidad del 70%; en la Fase B, el inmueble se monitorea con plantas ubicadas en posición estratégica para aprovechar los vientos dominantes; después, en la Fase C, se monitorea al inmueble con plantas en Zona A y Zona D (cochera, ubicada en el sur de la vivienda); finalmente, en la Fase D, se monitorea al inmueble con una mayor cantidad de plantas en la Zona A, con una densidad del 90% y todas las estrategias pasivas y activas aplicadas.

**Nota:**

Para ver el diseño completo, ir al punto no. 8.2 dentro de la sección de “Anexos”

### **3.5.3 Diseño de lluvia de ideas**

Esta dinámica participativa resulta importante, pues para que el sistema desarrollado aquí tenga un efecto determinante, necesita de un manejo -literalmente hablando- del microclima generado, llevándolo desde el exterior (zona de generación microclimática) hasta el interior de la vivienda (zona de tratamiento térmico). Para el desarrollo de una técnica eficiente que logre esto, se diseña esta dinámica con la intención de obtener ideas de fuentes primarias, preferencialmente por parte de personas que están dentro del área de la arquitectura, el bioclimatismo, la botánica y/o la ciencia misma.

#### **Nota:**

Para ver el diseño completo, ir al punto no. 8.3 dentro de la sección de “Anexos”

### **3.5.4 Diseño de entrevista**

Este método busca expandir el conocimiento previo al proyecto, así como el conocimiento otorgado durante la realización del mismo. Aquí se diseñan entrevistas para ser aplicadas a tres tipos de perfil: primeramente, un experto en botánica; después, un arquitecto especializado en bioclimatismo; finalmente, una persona que haya probado la eficiencia del proyecto.

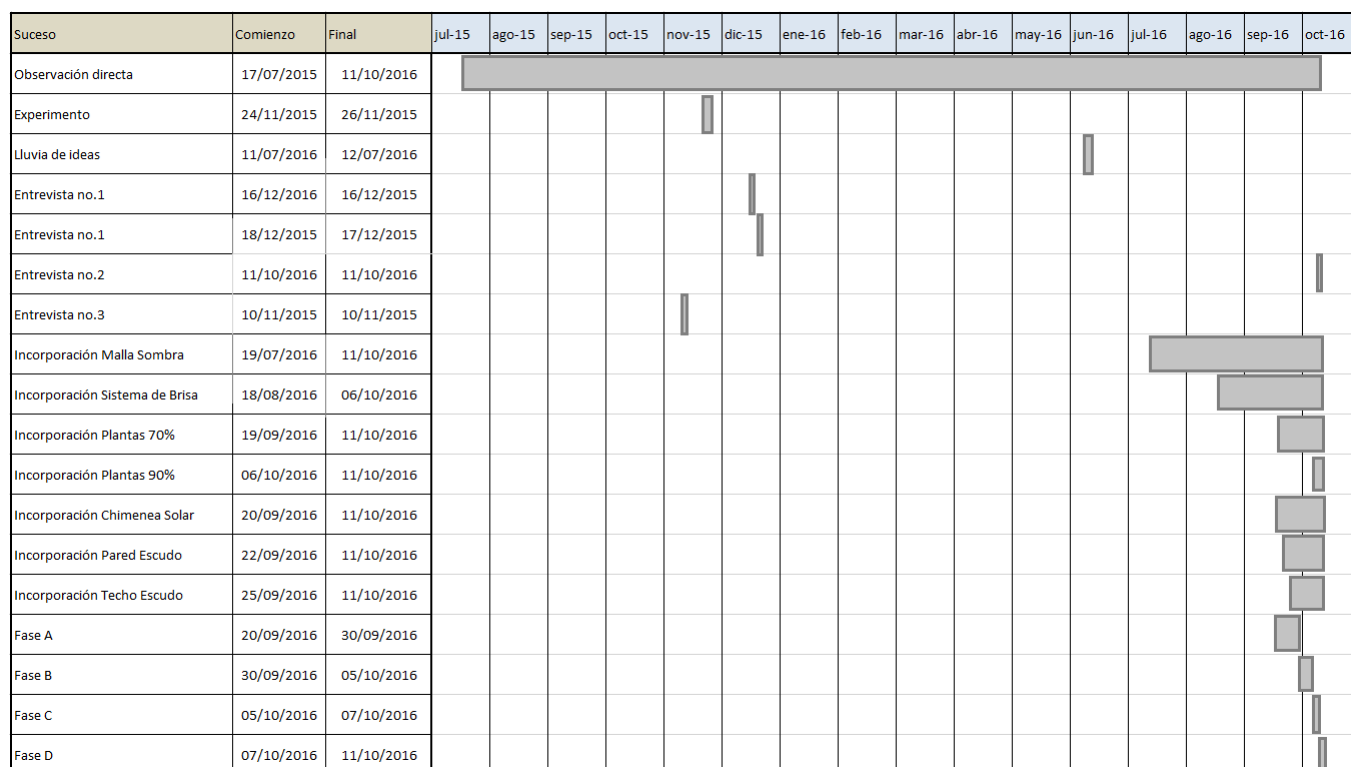
En la primera entrevista, realizada hacia el experto en botánica, se indaga en su conocimiento y experiencia con base a plantas que tienen facilidad de generación microclimática por medio de evapotranspiración, además de ser endémicas o introducidas pero adaptables a la región. Es un buen punto de inicio para el proyecto; en la segunda, se obtienen recomendaciones y datos cualitativos sobre experiencia de un arquitecto especializado en bioclimatismo; finalmente, en la tercera se consiguen los datos cualitativos y cuantitativos que el sistema produce en los inquilinos de la casa donde se implementa el proyecto.

#### **Nota:**

Para ver el diseño completo, ir al punto no. 8.4 dentro de la sección de “Anexos”

### 3.6 Cronograma de trabajo

El siguiente cronograma de trabajo expone visualmente las fechas de inicio y duraciones de cada una de las actividades realizadas que son consideradas significativas para el desarrollo de este trabajo.



Cronograma de trabajo. Fuente: elaboración propia.

## 4 ANÁLISIS, DESARROLLO DE LA PROPUESTA Y RESULTADOS

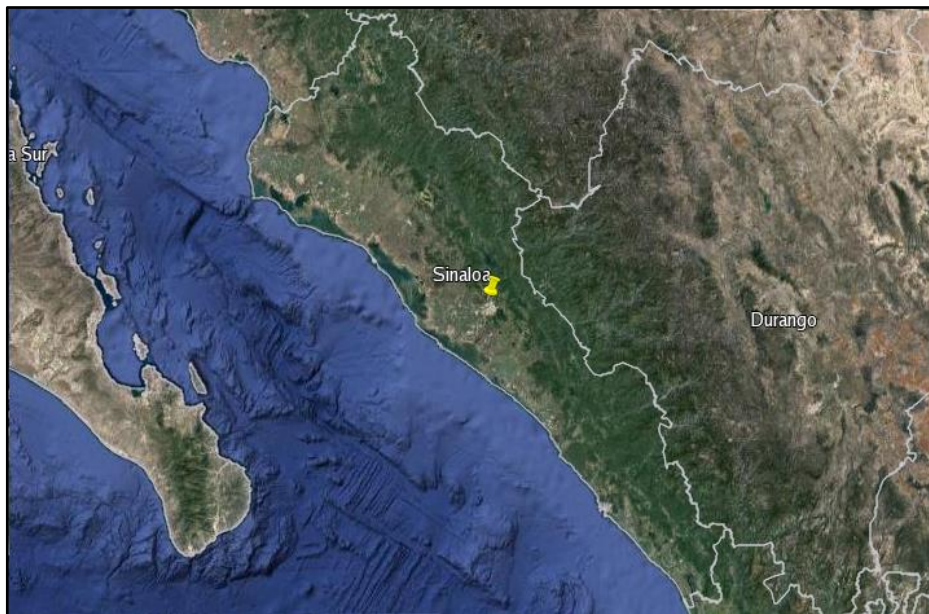
### 4.1 Análisis de sitio y del entorno

#### 4.1.1 Contexto geográfico

La siguiente serie de imágenes muestran la localización del proyecto, yendo desde lo macro hasta lo micro, es decir, desde el contexto geográfico del país, hasta el contexto geográfico de la zona que abarca al proyecto de este trabajo.

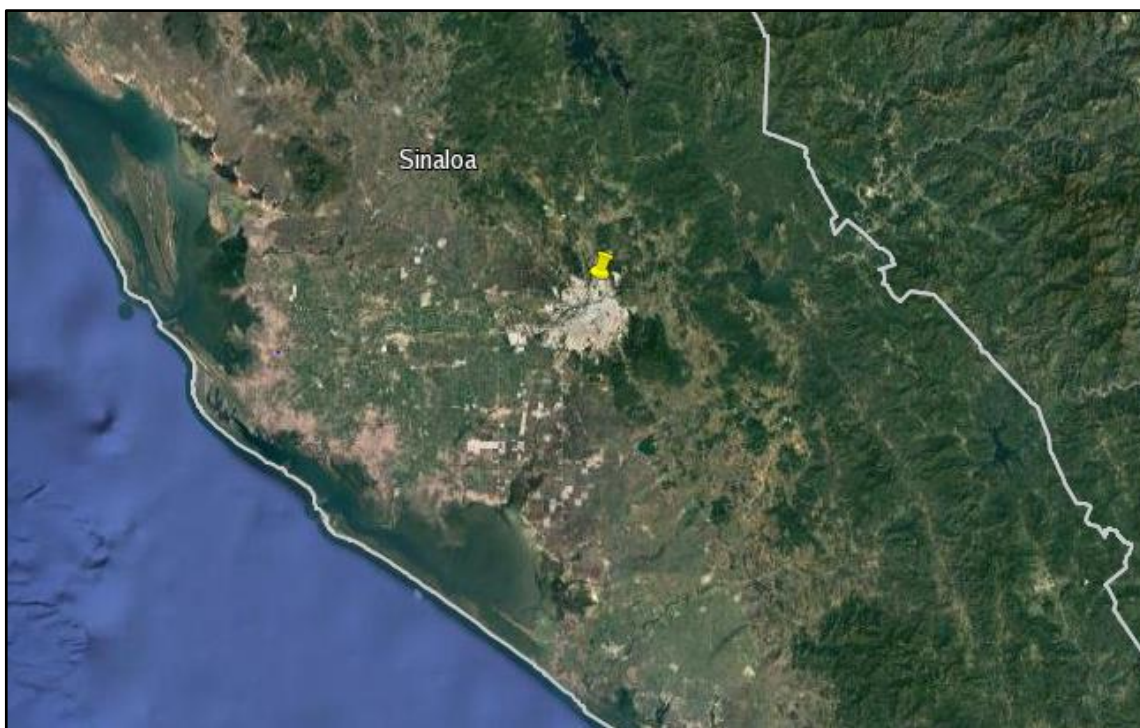


**Imagen A14.** Localización del proyecto dentro de México. Fuente: Google Earth, 2016

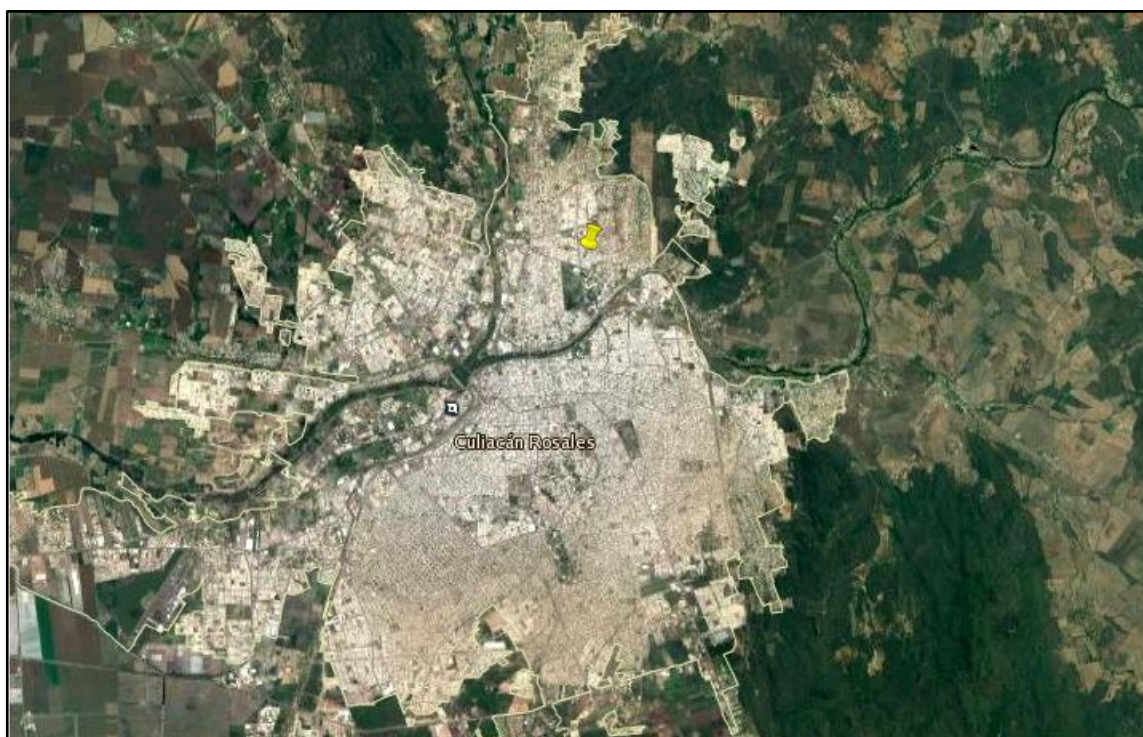


**Imagen A15.** Localización del proyecto dentro del estado de Sinaloa. Fuente: Google Earth, 2016





**Imagen A16.** Localización del proyecto en la imagen de transición entre el estado de Sinaloa y la ciudad de Culiacán. Fuente: Google Earth, 2016



**Imagen A17.** Localización del proyecto dentro de la mancha urbana de la ciudad Culiacán de Rosales. Fuente: Google Earth, 2016

Según datos del INEGI (2015), Culiacán cuenta con 905 265 habitantes. La imagen anterior muestra la mancha urbana existente en la ciudad de Culiacán. Es fácilmente distinguible que la ciudad carece de diversidad de áreas verdes internas, lo que propicia el efecto “isla de calor” por toda la ciudad, especialmente en su centro. Eso explica fácilmente el fenómeno de porqué al salir de la ciudad inmediatamente se siente un cambio térmico favorable al confort, fenómeno que la mayoría de las personas que habitan la ciudad ha experimentado alguna vez.

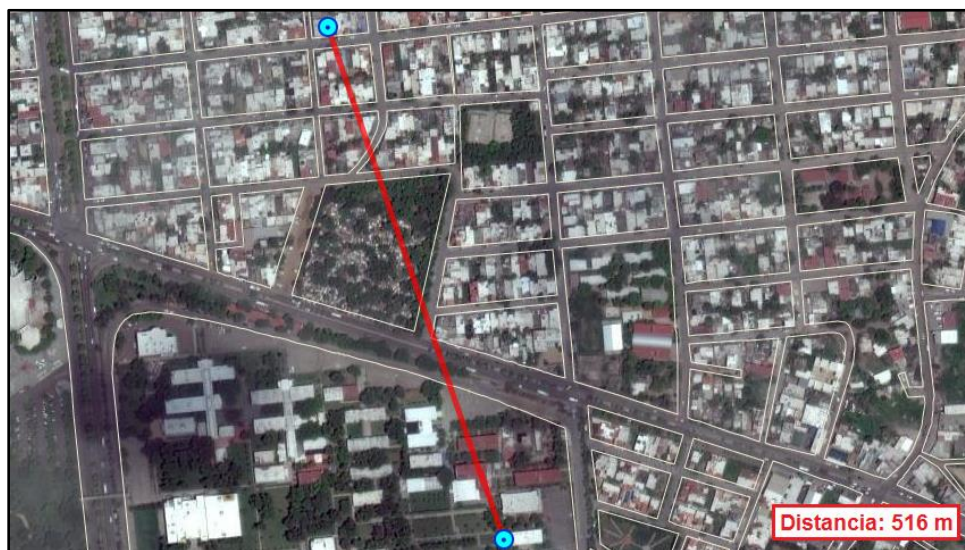
En la siguiente imagen se muestran tres puntos de interés para este proyecto: primeramente, se señala en amarillo la ubicación de la casa que contiene al experimento realizado en este trabajo, la cual se ubica en la calle Aristóteles, con número 1445, dentro de la colonia Universitarios; en rojo, se señala la Estación Climatológica no. 25-102, ésta está contenida dentro del campus de la Universidad Autónoma de Sinaloa; finalmente y en azul, se señala la ubicación del Jardín Botánico de Culiacán, una institución privada que tendrá la importante colaboración con el proyecto de proporcionar en modalidad de préstamo las plantas necesarias para el experimento.



**Imagen A18.** Ubicación del proyecto y sitios de interés. Fuente: Google Earth, 2016



La siguiente imagen muestra la distancia entre la casa que hospeda al proyecto y la estación climatológica de la U.A.S., esto, con la finalidad de comprender que no se tiene una distancia importante entre ambos sitios y las mediciones higrótérmicas que fueron realizadas en ambos pueden ser comparadas entre sí de una manera realista, exacta y equivalente.



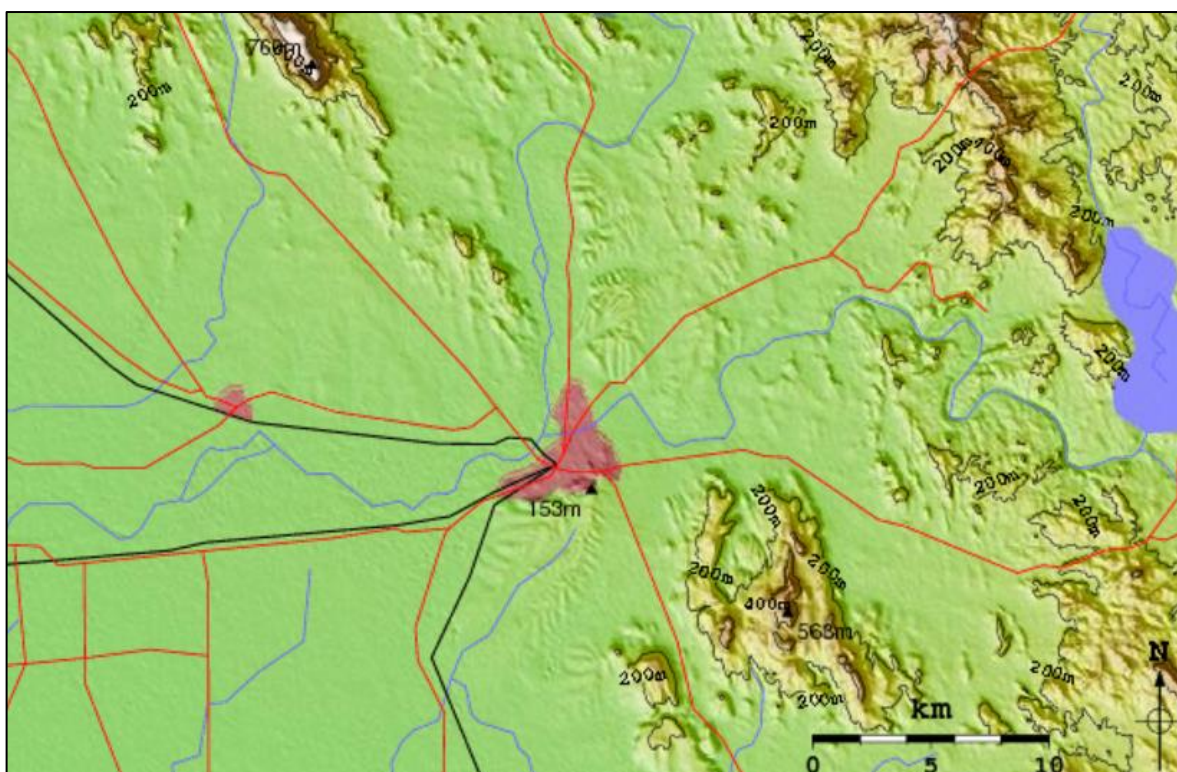
**Imagen A19.** Distancia entre el proyecto y la estación climatológica. Fuente: Google Earth, 2016.



## 4.1.2 Medio natural

### 4.1.2.1 Síntesis cartográfica

La ciudad de Culiacán se encuentra ubicada en un territorio semiplano que se localiza a las faldas de la Sierra Madre Occidental, en las cercanías de la ciudad se distinguen sitios montañosos que van desde los 153 m de altura, hasta montañas de mayores proporciones que alcanzan entre 500 y 750 m de altura, como se muestra en la siguiente imagen, en donde se señala con color rosa a la mancha urbana de Culiacán, en azul los ríos y cuerpos de agua de la localidad, y en rojo las carreteras importantes que cruzan a la ciudad:



**Imagen A20.** Mapa topográfico SIG de la ciudad de Culiacán. Fuente: (Weather-Forecast.com, 2016)

La siguiente imagen muestran las curvas de nivel de la zona donde se ubica el proyecto, en la imagen se encierra a la colonia universitarios con color amarillo, siendo ésta la zona que contiene a la vivienda que contendrá al proyecto (misma que se señala en color rojo) y al sureste de la vivienda se encuentra la estación climatológica de la U.A.S., esto con la finalidad de que sea notorio que entre la vivienda y la estación climática no existe una diferencia topográfica importante, pues una diferencia pronunciada en altitud puede influir también en las cuestiones higrotérmicas del contexto climático inmediato.



**Imagen A21.** Curvas de nivel del contexto inmediato de la colonia Universitarios. Fuente: IMPLAN, 2016

La siguiente imagen muestra los porcentajes de pendientes existentes en el lugar donde se instalará el proyecto (en amarillo) y la estación climatológica de la U.A.S. (en rojo), esta revela que no hay un porcentaje de cambio en la pendiente importante que propicie una diferencia de altura considerable entre ambos sitios de interés.



**Imagen A22.** Pendientes del terreno. Fuente: INEGI, 2015



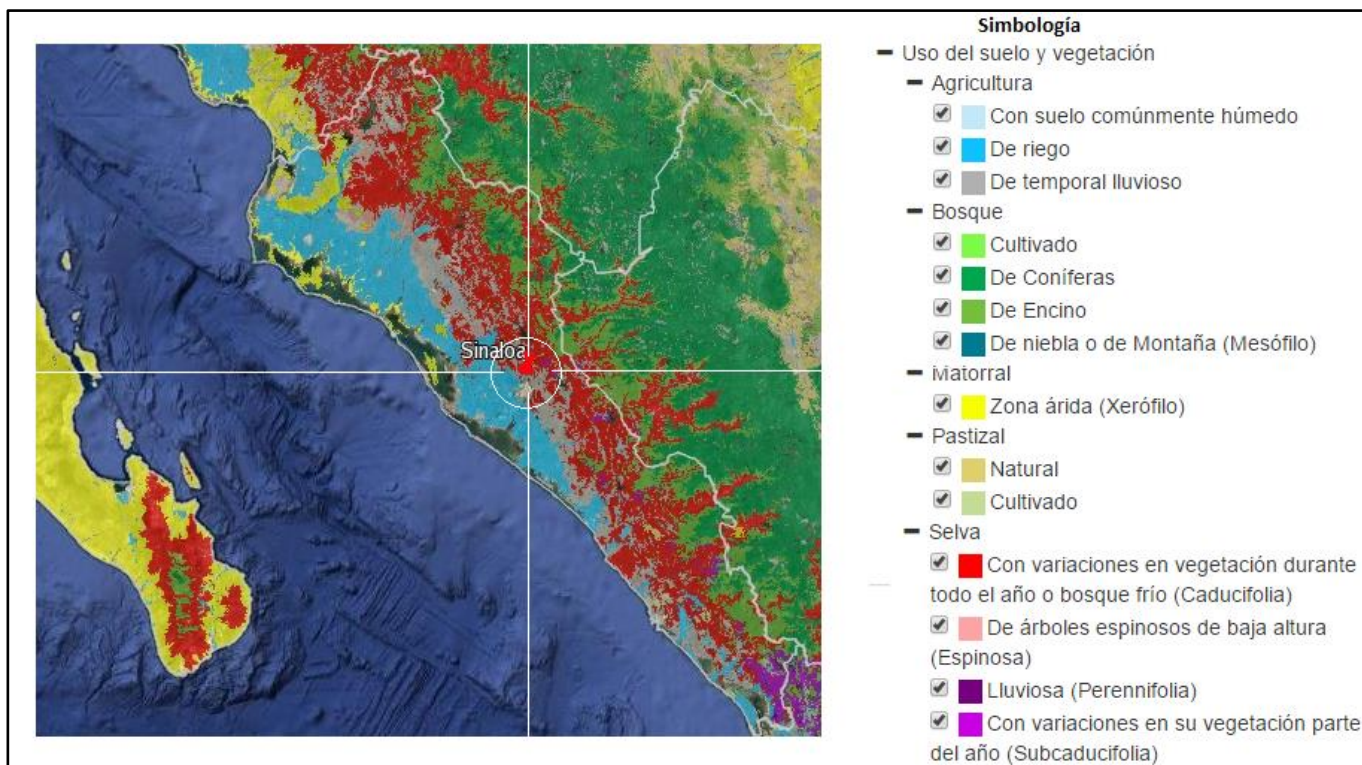
#### 4.1.2.2 Vegetación

En el siguiente mapa se muestran los principales usos de suelo y vegetación en el país, señalando con rojo a la ciudad de Culiacán, que tiene un uso de suelo predominante agrícola.



**Mapa 1.** Principales usos del suelo y vegetación, serie V INEGI (2011-12). Fuente: (CONAGUA, 2015: 117)

En México se encuentran los siguientes grupos de vegetación (se nombran en orden de importancia con respecto a distribución superficial dentro del territorio estatal): Matorral xerófilo con 528,014 km<sup>2</sup>, bosque de coníferas con 109,015 km<sup>2</sup>, bosque de encino con 96,818 km<sup>2</sup>, pastizal con 80,418 km<sup>2</sup>, selva caducifolia con 74,420 km<sup>2</sup>, selva perennifolia con 29,633 km<sup>2</sup>, vegetación hidrófila con 25,180 km<sup>2</sup>, bosque mesófilo de montaña con 8,538 km<sup>2</sup>, selva espinosa con 7,838 km<sup>2</sup>, selva subcaducifolia con 4,392 km<sup>2</sup>. Finalmente, en cuestión de agricultura se cuenta con una zonificación que abarca los 462,440 km<sup>2</sup>, y en un importante contraste, la vegetación en zonas urbanas cubre sólo una extensión de 18,655 km<sup>2</sup> (CONAGUA, 2015: 116). En la siguiente imagen se muestra el uso de suelo y tipo de vegetación del estado de Sinaloa:



**Imagen A23** – Uso de suelo y vegetación en el estado de Sinaloa. Fuente: INEGI, 2015

En la ciudad de Culiacán, debido a la climatología, las plantas del tipo xerófitas predominan, es decir, especies vegetales equipadas para la vida en un medio con escasez de agua (Fuentes Freixanet, 2004: 152). La vegetación nativa de la ciudad es mayoritariamente selva baja, aunque existen bosques de encino y pino debido a la Sierra Madre Occidental que pasa por la localidad. En el área costera se encuentra vegetación halófila y manglar. Con el paso del tiempo, debido a la actividad humana, las selvas se han transformado en campos agrícolas, los manglares han sido afectados por la acuacultura y la vegetación serrana debido a su sobreexplotación (Rojo, *op. cit.*: 38).

Los ejemplares vegetales más comunes de la localidad, aunque no se hace referencia a los que son propiamente endémicos o regionales, sino todo el tipo de vegetación tanto local como introducida debido a la agricultura o el ornato, son los siguientes: Aguama, Álamo, Amapa, Anona, Arrayán, Ayale, Bainoro, Abnia, Bebelama, Brasil, Candelilla, Cardón, Ceibas, Chilacayota, Chile chilpetín, Choya, Ciruelo, Estropajo, Guamúchil, Guásima, Guayacán, Guereque, Higuera, Huizache, Limonero, Litchie, Maíz, Mangle, Mangle, Mango, Mauto, Melón, Mezquite, Nanchi, Naranja china, Naranjo, Nopal, Nopal, Otate, Palma, Palo blanco, Palo

colorado, Palo fierro, Palo mulato, Papa, Papaya, Papayo, Papelillo, Pepino, Plátano, Pochotate, Regalgar, Retama, Sábila, Sidra, Sorgo, Tabachín, Tamarindo, Tapaco, Tasajo, Tecomate, Toloache, Tomate, Trigo, Tripa de zopilote, Uvalamo, Vara blanca, Venadillo, Vinolo, Vinorama, Viznada, Zárata, entre otros. (*ibíd.*, 39).

### 4.1.2.3 Hidrología

Este segmento es importante para justificar que el proyecto contenido en este trabajo, al usar agua para su funcionamiento, es viable dentro del aspecto hídrico, analizando el contexto de la ciudad para revisar la factibilidad de implementación del mismo y, sobre todo, su subsecuente aplicación en caso de ser replicado tanto en la región como en algún otro lugar.

Las cuencas son unidades del terreno, estas son definidas por la división natural de las aguas, que a su vez son divididas por las características del relieve del contexto geográfico. Con propósitos de administración de aguas nacionales, la CONAGUA definió 731 cuencas hidrológicas que a su vez son contenidas dentro de 37 regiones hidrológicas, dichas regiones hidrológicas representan los límites naturales de las grandes cuencas de México y se emplean para el cálculo del agua renovable. Finalmente, sus disponibilidades se encuentran publicadas en el Diario Oficial de la Federación (DOF) (CONAGUA, 2015: 20). La ciudad de Culiacán se encuentra dentro de la región hidrológica no. 10, la delimitación de la región hidrológica, así como la ubicación de la ciudad de Culiacán se muestra a continuación en el mapa:



**Mapa 2.** Regiones hidrológicas, Culiacán dentro de la Región Hidrológica 10. Fuente: CONAGUA, 2015

La siguiente tabla muestra una sección de los datos publicados en el Atlas del Agua en México publicado por la CONAGUA (2015), en donde se definen las características de dichas regiones hidrológicas en el año de 2014, se selecciona en color rojo a la región hidrológica 10 que contiene a Sinaloa:

Clave	RH	Extensión territorial continental (km²)	Precipitación normal anual 1981-2010 (mm)	Escurrencimiento natural medio superficial interno (hm³/año)	Importaciones (+) o exportaciones (-) de otros países (hm³/año)	Escurrencimiento natural medio superficial total (hm³/año)	Número de cuencas hidrológicas
1	B.C. Noroeste	28 492	209	337		337	16
2	B.C. Centro-Oeste	44 314	116	251		251	16
3	B.C. Suroeste	29 722	200	362		362	15
4	B.C. Noreste	14 418	151	122		122	8
5	B.C. Centro-Este	13 626	132	101		101	15
6	B.C. Sureste	11 558	291	200		200	14
7	Río Colorado	6 911	98	78	1 850	1 928	4
8	Sonora Norte	61 429	297	132		132	5
9	Sonora Sur	139 370	483	4 934		4 934	16
10	Sinaloa	103 483	747	14 319		14 319	23
11	Presidio-San Pedro	51 717	819	8 201		8 201	23
12	Lerma-Santiago	132 916	717	13 180		13 180	58
13	Río Huicicila	5 225	1 400	1 279		1 279	6
14	Río Ameca	12 255	1 063	2 205		2 205	9
15	Costa de Jalisco	12 967	1 144	3 606		3 606	11

**Tabla 1.** Características de las regiones hidrológicas, 2014. Fuente: CONAGUA, 2015

Con respecto al agua subterránea, se debe tener especial cuidado, pues su sobreexplotación, además de ocasionar la disminución de los niveles freáticos y provocar que los pozos se deban profundizar, puede causar afectaciones irreversibles a los ecosistemas y consecuentemente a la sociedad.

En el siguiente mapa se muestra contenida dentro de estaciones hidrométricas la disponibilidad del agua renovable per cápita con proyección al año 2030, esto también es publicado por la CONAGUA, lo que nos indica que por lo menos dentro de los siguientes 14 años el agua se encontrará disponible en la ciudad, facilitando así la proyección de aplicación a futuro de este proyecto en particular y sus consecuentes replicaciones.





**Mapa 3.** Agua renovable per cápita 2030. Fuente: CONAGUA, 2015

Según la información del Atlas del Agua en México de la CONAGUA (2015), Culiacán no está dentro de un acuífero con déficit. El siguiente mapa de México muestra indicando con rojo las zonas con déficit de agua en acuíferos y las verdes sin déficit, esta zonificación se realizó mediante las publicaciones del DOF, se señala a Culiacán dentro de un círculo negro.

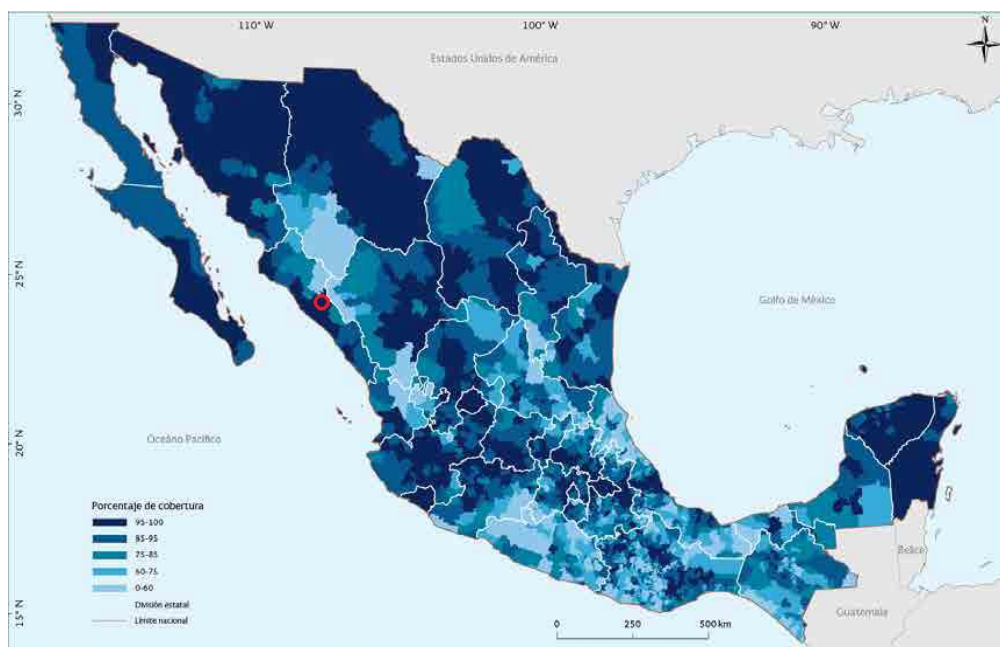


**Mapa 4.** Acuíferos con publicación de disponibilidad en el DOF, 2014. Fuente: CONAGUA, 2015

Del mismo modo, en los siguientes dos mapas se muestran: primeramente, las cuencas hidrológicas con disponibilidad publicadas en el DOF en 2014; seguido el mapa donde se muestra la cobertura de agua potable por zona en escala de azules, aclarando que entre más claro sea el color tiene menor cobertura la zona y entre más oscuro tiene mayor cobertura.



**Mapa 5.** Cuencas hidrológicas con publicación de disponibilidad en el DOF, 2014. Fuente: CONAGUA 2015



**Mapa 6.** Cobertura de agua por municipio, 2010. Fuente: CONAGUA 2015

A manera de conclusión: el análisis hídrico nos muestra que en la ciudad de Culiacán se tiene abasto de agua actualmente y también con proyección hacia un futuro tanto inmediato como a mediano plazo. El agua tiene capacidad de renovación y la calidad es buena, según muestra el Atlas del Agua en México. En ese informe se menciona que, conforme al cálculo de la precipitación normal 1981-2010, México recibe aproximadamente 1.5 billones de m<sup>3</sup> de agua en forma de precipitación y con los últimos cálculos en la hidrología disponibles al 2014, se estima que: el 72.5% de dicha agua pluvial cambia de estado líquido a estado gaseoso mediante evapotranspiración y regresa a la atmósfera; el 21.2% escurre por ríos y arroyos, donde adicionalmente se tienen entradas y salidas con los países vecinos; finalmente, El 6.4 % restante se infiltra y recarga los acuíferos (CONAGUA, 2015: 26).

Completado el estudio hidrológico se concluye que el proyecto experimental de este trabajo es viable en la cuestión hídrica.

### 4.1.3 Medio artificial

#### 4.1.3.1 Vivienda

El Inventario Nacional de Viviendas (INV), basándose en el Censo de Población y Vivienda de 2010 realizado por el INEGI, nos proporciona un reporte por AGEB, donde se observa el número de las viviendas, cuáles son los servicios básicos de infraestructura urbana con los que cuenta el sitio, así como la población que habita dentro del AGEB de estudio.

En la siguiente imagen se muestra la localización del proyecto dentro del AGEB, mismo que lleva el código de AGEB 2500600013297:



**Imagen A24.** Localización del proyecto dentro del AGEB. Fuente: Inventario Nacional de Viviendas 2015



Una vez delimitada el área del AGEB, se muestra la información proporcionada por el INV, con datos del Censo de Población y Vivienda de 2010 realizado por el INEGI.

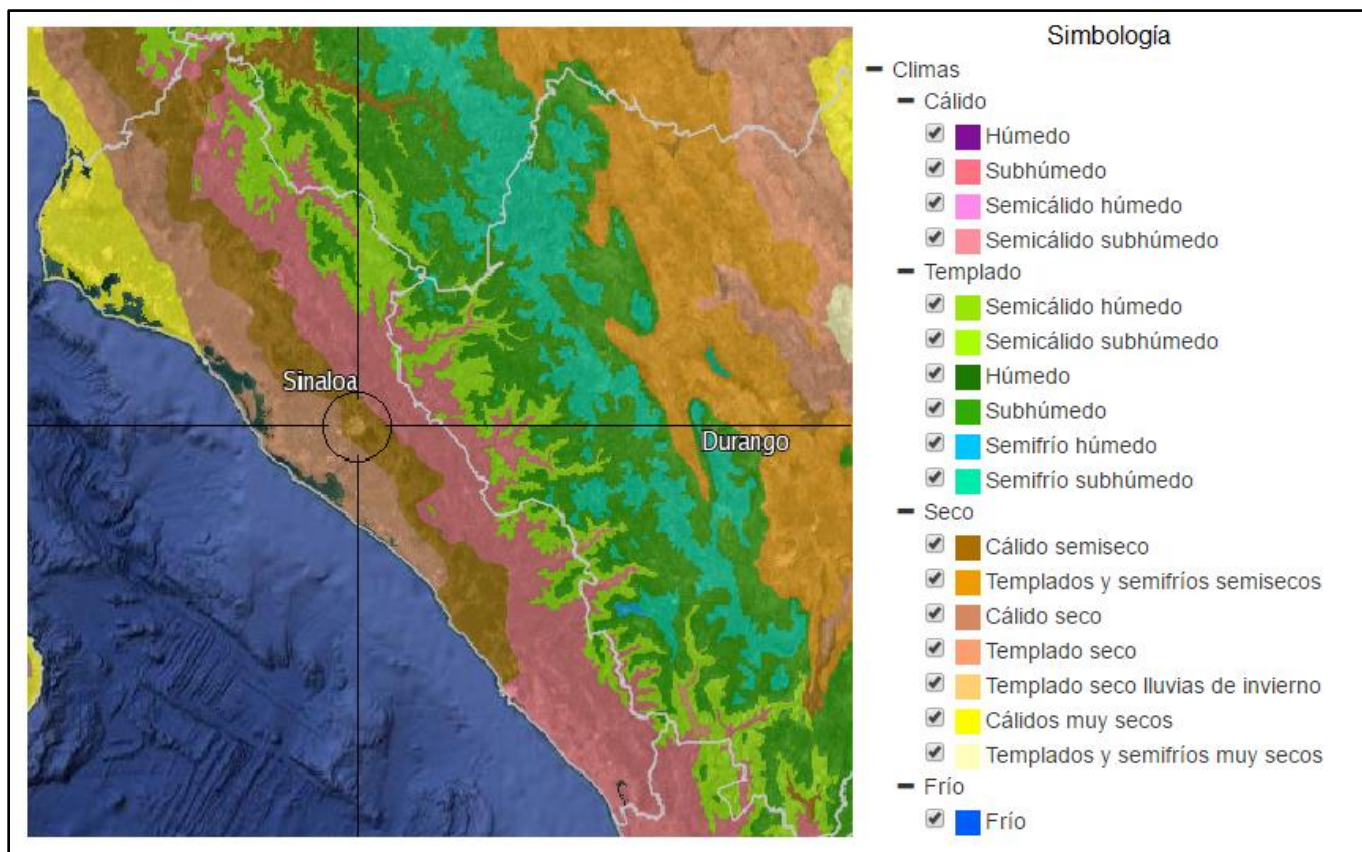
INEGI. INVENTARIO NACIONAL DE VIVIENDAS. REPORTE DE ÁREA SELECCIONADA						
Entidad Federativa	Sinaloa					
Municipio	Culiacán					
Localidad	Culiacán					
AGEB	2500600013297					
Cantidad de manzanas de la unidad	28					
Nombre del indicador	En todas las vialidades	En alguna vialidad	En ninguna vialidad	No especificado	Conjuntos habitacionales:	
Recubrimiento de la calle	17	10	0	1	<b>Viviendas</b>	0
Banqueta	17	11	0	0	Particulares	651
Guarnición	19	9	0	0	Habitadas	468
Árboles o palmeras	18	10	0	0	Particulares habitadas	468
Rampa para silla de ruedas	2	16	10	0	Particulares no habitadas	176
Alumbrado público	18	10	0	0	Con recubrimiento en piso	465
Letrero con nombre de la calle	0	10	18	0	Con energía eléctrica	467
Teléfono público	1	7	20	0	Con agua entubada	467
Acceso libre de personas	26	no aplica	no aplica	0	Con drenaje	466
Acceso libre de automóviles	25	no aplica	no aplica	0	Con servicio sanitario	467
Restricción del paso a peatones	0	2	no aplica	no aplica	Con 3 o más ocupantes por cuarto	0
Restricción del paso a automóviles	0	3	no aplica	no aplica	<b>Población</b>	
Puesto semifijo	0	3	25	0	De 0 a 14 años	254
Puesto ambulante	0	1	27	0	De 15 a 29 años	671
					De 30 a 59 años	732
					De 60 y más años	100
					Con discapacidad	20

**Tabla 2.** Información de AGEB que contiene a la vivienda huésped de experimento. Fuente: INV, 2015 con información del Censo de Población y Vivienda de 2010 del INEGI.

## 4.2 Climatología

### 4.2.1 Mesoclima

El clima de Culiacán se cataloga como cálido semiseco, de acuerdo con la clasificación Koëppen-García, sin embargo, el periodo del año que requiere mayor atención en cuestiones de solución bioclimática se refiere al contenido entre junio a octubre, mismo que revela un comportamiento climático propio del clima cálido húmedo, por lo que las soluciones arquitectónicas deben enfocarse a ese tipo de clima. (Rojo, *op. cit.*: 17). Se identifican dos grupos principales de climas según la clasificación de García: los secos (BSO, BS), y los cálidos (AWo, AW). Al ser un municipio con zona costera, contiene a los primeros en dicha zona y en la zona media; en las zonas altas, se contiene a los segundos (Vega-Aviña, *et al.*, 2008: 14).



**Imagen A25** - Localización de Culiacán dentro de la climatología de Sinaloa. Fuente: INEGI, 2015

Un análisis más detallado de la climatología de Culiacán a nivel ciudad, no a nivel municipal, que se realizó por el autor de este trabajo utilizando el software Bioclimatic Analysis Tool (BAT) desarrollado por el M. D. Julio César Rincón Martínez y por el Dr. Arq. Victor Armando Fuentes Freixanet usando como fuentes a diversas estaciones climáticas contenidas dentro de la ciudad

de Culiacán con rangos de información de hasta sesenta años, describe a la ciudad dentro del **grupo climático “B”**, con una sub-clasificación climática del tipo **BS1(h')w(w)(e)**, que se refiere a un clima seco, extremoso, que no es tipo Ganges, y en donde no hay canícula. Esta sub-clasificación se explica detalladamente en seguida:

El grupo de climas **B** se refiere, como ya se mencionó, a un clima seco, aquí, se define que en este tipo de climas la evaporación sobrepasa a la precipitación promedio anual. No hay un excedente de agua, por lo que en las zonas con esta clasificación no hay arroyos que sean permanentes y las plantas del tipo xerófitas son las predominantes, es decir, especies vegetales equipadas para la vida en un medio con escasez de agua. Una de las variantes del clima seco se refiere al clima estepario y este es catalogado como del tipo **“BS”** (clima estepario). El número **“1”** se refiere al régimen de lluvias en verano, en donde la precipitación del mes más lluvioso de la mitad caliente del año es mayor de 10 veces que al del mes más seco. La designación **“(h’)”** es utilizada en los climas secos B y se refiere a que la temperatura de todos los meses es superior a 18°C. La designación **“w”** se refiere a que hay un régimen de lluvias en verano, sin embargo, al contener también la designación **“(w)”** se define a un símbolo que representa al tipo de vegetación desértica. Finalmente, la designación **“(e)”** hace referencia a un clima extremoso (Fuentes Freixanet, 2004: 152-156).

En la ciudad se tiene un periodo de incomodidad térmica, dicho periodo contiene a dos etapas, una que tiene altas temperaturas y elevado porcentaje de humedad relativa que va de julio a octubre y la segunda, que se refiere a altas temperaturas con baja humedad relativa que va de marzo a junio. Para la última se puede optar por recursos de humidificación del aire, buscando la regulación térmica ambiental, utilizando fuentes, espejos de agua, humidificadores en puntos específicos que proporcionen frescura al inmueble (Rojo, *opus cit.*: 145).



## 4.2.2 Datos climatológicos

### Culiacán, Sinaloa.

**LATITUD:** 24° 49' 39" N

**LONGIT:** 107° 22' 49" W

**ALTITUD:** 68.8 msnm

FUENTE	VARIABLES CLIMATOLÓGICAS		UNIDAD	AÑOS	MESES												ANUAL
					ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
b	TEMPERATURA	MAXIMA EXTREMA	°C	60	41.0	42.0	39.0	41.5	41.5	45.5	42.5	46.0	41.5	41.5	42.5	37.0	46.0
a		FECHA	dd/aaaa	n/d	16/1974	23/1974	29/1967	17/1994	31/2003	11/2000	28/1994	11/1969	21/1982	02/1993	01/2005	01/1986	11-ago.-1969
b		PROMEDIO MÁXIMA	°C	60	27.8	28.9	30.5	32.8	34.9	35.9	35.5	34.8	34.4	34.2	31.5	28.2	32.5
b		MEDIA	°C	60	19.4	20.1	21.3	23.6	26.4	29.5	29.8	29.3	29.0	27.5	23.5	20.2	25.0
b		PROMEDIO MÍNIMA	°C	60	10.9	11.3	12.1	14.5	18.0	23.2	24.1	23.8	23.6	20.7	15.6	12.2	17.5
b		MÍNIMA EXTREMA	°C	60	2.0	3.0	3.0	3.0	9.0	12.0	13.0	16.0	17.0	11.0	5.0	3.0	2.0
b		FECHA	dd/aaaa	n/d	07/1971	17/1964	02/1964	04/1969	01/1964	05/1962	19/1974	27/1969	29/1989	31/1979	24/1979	30/1967	7-ene.-1971
a		OSCILACIÓN	°C	60	16.9	17.6	18.4	18.3	16.9	12.7	11.4	11.0	10.8	13.5	15.9	16.0	15.0
c	RADIACIÓN SOLAR	INSOLACIÓN TOTAL	h	1	347.4	388.0	484.0	537.9	545.4	466.0	429.0	477.1	373.0	436.6	354.0	338.8	5,177.2
c		TOTAL (Global)	W/m <sup>2</sup>	1	546.0	598.0	650.0	686.0	766.0	741.0	644.0	633.0	682.0	653.0	617.0	520.0	644.7
c		DIRECTA	W/m <sup>2</sup>	1	381.0	413.0	444.0	468.0	556.0	530.0	420.0	409.0	476.0	469.0	459.0	360.0	448.8
c		DIFUSA	W/m <sup>2</sup>	1	165.0	185.0	206.0	218.0	210.0	211.0	224.0	224.0	206.0	184.0	158.0	160.0	195.9
a	PRESIÓN	MEDIA	hPa	20	1013.6	1011.7	1011.3	1010.0	1009.3	1008.1	1010.0	1009.6	1007.2	1006.9	1011.3	1012.7	1,010.1
a	HUMEDAD	TENSION MEDIA DEVAPOR	mb	20	3.4	4.4	6.0	7.2	8.2	8.1	6.5	5.7	5.0	5.2	4.2	3.2	5.6
d		RELATIVA MAXIMA	%	1	97.1	100.0	98.7	93.8	91.0	97.8	99.9	99.9	100.0	100.0	99.4	100.0	98.1
a		RELATIVA MEDIA	%	20	72.0	70.0	67.0	65.0	64.0	67.0	72.0	75.0	75.0	72.0	71.0	72.0	70.2
d		RELATIVA MINIMA	%	1	17.4	21.5	23.6	12.3	10.8	25.4	36.0	42.8	42.8	34.6	20.0	14.8	25.2
b		EVAPORACIÓN TOTAL	mm	60	103.2	126.2	189.0	227.7	266.9	257.9	211.0	183.9	159.5	162.7	125.7	97.2	2,110.9
a		TEMP. DEBULBO HÚMEDO	°C	20	15.9	16.5	17.4	19.0	21.3	24.4	25.7	26.0	25.8	24.0	19.7	16.7	21.0
b	PRECIPITACIÓN	TOTAL	mm	60	18.4	11.7	2.8	2.4	1.1	19.7	162.8	209.2	141.6	50.0	21.3	26.3	667.3
b		MAXIMA	mm	60	201.2	125.3	42.4	36.0	32.4	155.5	419.4	424.0	270.0	219.9	142.9	265.7	424.0
b		FECHA	aaaa	n/d	1992	2005	1968	1997	1972	1984	1963	2008	1996	1986	1983	1963	AGO-2008
b		MAXIMA EN 24 h	mm	60	66.0	42.5	18.5	27.0	30.2	73.0	98.3	129.0	140.0	175.2	103.5	173.3	175.2
b		FECHA	dd/aaaa	n/d	29/1984	04/1983	14/1994	06/1983	30/1972	20/1984	13/1996	16/2008	29/1984	16/1980	03/1983	10/1963	16-oct.-1980
a		MAXIMA EN 1 h	mm	20	15.8	7.2	3.8	10.4	3.6	19.8	40.8	51.0	59.2	24.3	36.3	30.5	59.2
/		FECHA	dd/aaaa	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d
e		MÍNIMA	mm	28	1.1	0.8	0.2	0.5	4.0	0.8	31.0	42.3	31.0	2.0	1.2	0.2	0.2
e		FECHA	aaaa	n/d	1969	1953	1976	1976	1956	1961	1973	1973	1952	1973	1978	1975	MAR-1976

b	FRECUENCIA DE FENÓMENOS ESPECIALES	LLUVIA APRECIABLE	Días	60	2.2	1.4	0.6	0.4	0.2	2.4	13.8	14.8	10.8	2.9	1.6	2.2	53.3
d		LLUVIA INAPRECIABLE	Días	1	4.0	0.0	3.0	1.0	2.0	2.0	2.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.0
a		DIAS DESPEJADOS	Días	20	18.0	17.0	19.0	18.0	23.0	16.0	6.0	6.0	7.0	19.0	21.0	18.0	188.0
a		DIAS MEDIO NUBLADOS	Días	20	8.0	8.0	9.0	10.0	7.0	12.0	17.0	18.0	16.0	9.0	6.0	9.0	129.0
a		DIAS NUBLADO / CERRADO	Días	20	5.0	3.0	3.0	2.0	1.0	3.0	8.0	8.0	8.0	3.0	3.0	4.0	51.0
d		DIAS CON ROCIO	Días	1	10.0	7.0	13.0	2.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	n/d	n/d	12.0	46.0
b		GRANIZO	Días	60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.1	0.0	0.0	0.4	0.8
a		HELADAS	Días	20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
b		TORMENTA ELÉCTRICA	Días	60	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.2	1.5	1.1	1.0	0.2	0.1	0.0	4.2
b		NIEBLA	Días	60	0.8	0.4	0.2	0.3	0.1	0.2	0.2	0.5	0.2	0.2	0.1	0.2	3.4
b		NEVADA	Días	60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
e		VISIBILIDAD DOMINANTE	km	28	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7.0

Unidades:			
°C	Grados Centígrados	mm	Milímetros
h	Hora	Días	Días
W/m <sup>2</sup>	Watt / Metro cuadrado	aaaa	Año (4 dígitos)
hPa	Hectopascal	dd/aaaa	Día (2 dígitos) / Año (4 dígitos)
%	Por ciento	n/d	Dato no disponible

**Tabla 3.** Datos climatológicos. Elaboración propia, usando el software Bioclimatic Analysis Tool (BAT).

### Fuentes:

**a.** Datos obtenidos de las normales climatológicas de la Estación Meteorológica de la Escuela de Biología de la Universidad Autónoma de Sinaloa, Estación Meteorológica no. 25-102 (período 1995-2015) ubicada en la zona norte de la ciudad de Culiacán, Sinaloa (latitud N 24°49'39", longitud W 107°22'49" y altitud 68.8 msnm) dependiente del Servicio Meteorológico Nacional (SMN-CONAGUA).

**b.** Datos obtenidos de las normales climatológicas de la Estación Meteorológica no. 25-015 (período 1951-2010) ubicada en la zona centro de la ciudad de Culiacán, Sinaloa (latitud N 24°47'31", longitud W 107°23'53" y altitud 60 msnm) dependiente del Servicio Meteorológico Nacional (SMN-CONAGUA).

**c.** Datos calculados a partir de los datos ofrecidos en el libro "CALCULO DE LA RADIACION SOLAR INSTANTANEA EN LA REPUBLICA MEXICANA" de los autores Jose Luis Fernandez Zayas y Vicente Estrada Cajigal.

**d.** Datos obtenidos de las normales climatológicas de la Estación Meteorológica de la Escuela de Biología de la Universidad Autónoma de Sinaloa, Estación Meteorológica no. 25-102 (período

2015) ubicada en la zona norte de la ciudad de Culiacán, Sinaloa (latitud N 24°49'39", longitud W 107°22'49" y altitud 68.8 msnm) dependiente del Servicio Meteorológico Nacional (SMN-CONAGUA).

e. Datos obtenidos de DGEIES-SMN dependiente del Sistema Meteorológico Nacional, período (1952- 1980), documento proporcionado por el Dr. Víctor Armando Fuentes Freixanet.

## VIENTOS

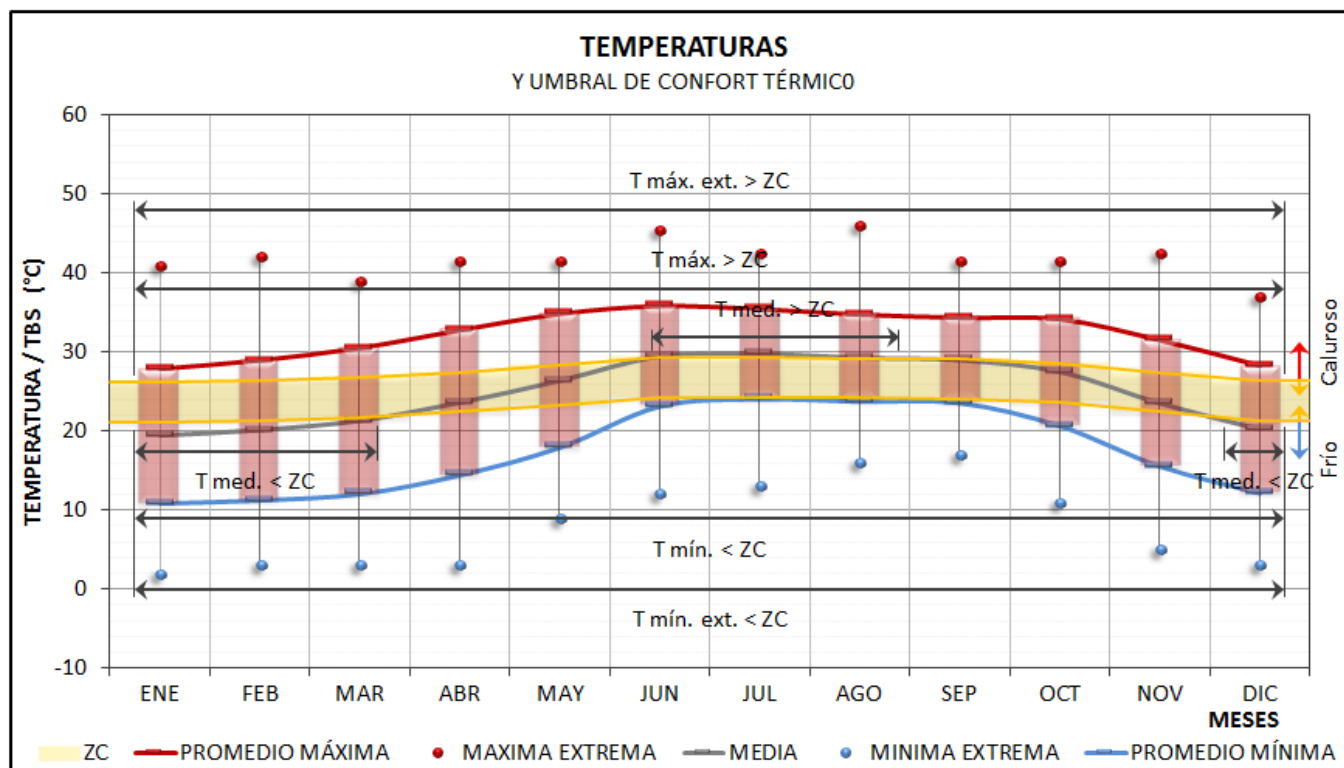
MESES	PARÁMETRO	UNIDAD	DIRECCIONES								CALMAS (%)	PROMED.	MÁXIMA
			N	NE	E	SE	S	SW	W	NW			
ENERO	Frecuencia	%	3.8	5.8	3.1	0.4	3.6	33.5	39.1	8.0	2.7	12.2	39.1
	Velocidad	m/s	0.8	1.1	1.1	0.1	1.1	1.7	1.6	1.3		1.1	1.7
FEBRERO	Frecuencia	%	3.2	0.7	0.4	0.7	2.1	47.1	37.3	7.4	1.1	12.4	47.1
	Velocidad	m/s	1.0	1.2	1.0	1.1	1.2	1.9	2.0	1.5		1.4	2.0
MARZO	Frecuencia	%	0.8	1.1	0.3	0.3	4.3	55.3	32.9	5.5	-0.5	12.6	55.3
	Velocidad	m/s	0.5	1.0	0.2	1.0	1.2	2.3	2.3	1.4		1.2	2.3
ABRIL	Frecuencia	%	0.9	0.7	0.3	0.3	6.2	47.3	41.2	3.2	-0.1	12.5	47.3
	Velocidad	m/s	1.3	0.3	1.0	1.0	1.7	2.6	2.6	1.4		1.5	2.6
MAYO	Frecuencia	%	0.3	0.0	0.0	0.0	4.2	56.3	35.6	3.6	0.0	12.5	56.3
	Velocidad	m/s	0.5	0.0	0.0	0.0	1.6	2.7	2.6	1.4		1.8	2.7
JUNIO	Frecuencia	%	0.0	0.4	0.0	0.0	5.7	68.6	24.9	0.6	-0.2	12.5	68.6
	Velocidad	m/s	0.0	0.1	0.0	0.0	1.3	2.8	2.5	1.0		1.5	2.8
JULIO	Frecuencia	%	1.9	4.0	1.3	0.7	7.9	54.1	24.0	4.8	1.3	12.3	54.1
	Velocidad	m/s	1.1	1.3	0.5	0.3	1.9	2.2	2.0	1.5		1.4	2.2
AGOSTO	Frecuencia	%	5.0	4.9	0.6	1.1	8.7	39.9	25.5	12.0	2.3	12.2	39.9
	Velocidad	m/s	1.1	1.1	0.7	1.3	1.6	1.9	1.7	1.6		1.4	1.9
SEPTIEMBRE	Frecuencia	%	5.6	3.9	0.4	1.3	8.5	24.8	31.6	21.3	2.6	12.2	31.6
	Velocidad	m/s	1.2	1.4	0.1	1.3	1.6	1.8	1.7	1.6		1.3	1.8
OCTUBRE	Frecuencia	%	2.3	3.5	1.6	1.6	3.9	35.4	32.5	15.1	4.1	12.0	35.4
	Velocidad	m/s	0.8	1.1	0.9	2.5	1.5	1.8	1.7	1.6		1.5	2.5
NOVIEMBRE	Frecuencia	%	2.9	3.0	0.7	0.0	6.0	37.2	37.4	11.4	1.4	12.3	37.4
	Velocidad	m/s	0.7	2.0	0.2	0.0	1.6	2.1	1.6	1.5		1.4	2.1
DICIEMBRE	Frecuencia	%	4.2	4.5	3.7	0.8	2.5	26.2	44.9	9.3	3.9	12.0	44.9
	Velocidad	m/s	1.1	1.2	1.2	1.8	1.2	2.0	1.7	1.3		1.4	2.0
ANUAL	Frecuencia	%	2.6	2.7	1.0	0.6	5.3	43.8	33.9	8.5	1.6	12.3	43.8
	Velocidad	m/s	0.9	1.1	0.7	1.2	1.5	2.2	2.0	1.4		1.4	2.2

VIENTO	UNIDAD	MESES												ANUAL
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
DOMINANTE		W	SW	SW	SW	SW	SW	SW	SW	W	SW	W	W	SW
		SW	W	SW	SW	SW	SW	SW	SW	SW	SE	SW	SW	SW
REINANTE														
MÁXIMA	m/s	1.7	2.0	2.3	2.6	2.7	2.8	2.2	1.9	1.8	2.5	2.1	2.0	2.2
PROMED.	m/s	1.1	1.4	1.2	1.5	1.8	1.5	1.4	1.4	1.3	1.5	1.4	1.4	1.4
CALMAS	(%)	2.7	1.1	-0.5	-0.1	0.0	-0.2	1.3	2.3	2.6	4.1	1.4	3.9	1.6

**Tabla 4.** Vientos. Elaboración propia utilizando el software BAT. Fuente: Atlas del Agua de la República Mexicana, S.R.H. México, 1976. Documento proporcionado por el Dr. Víctor Armando Fuentes Freixanet.

### 4.2.3 Análisis climático paramétrico

#### 4.2.3.1 Temperatura



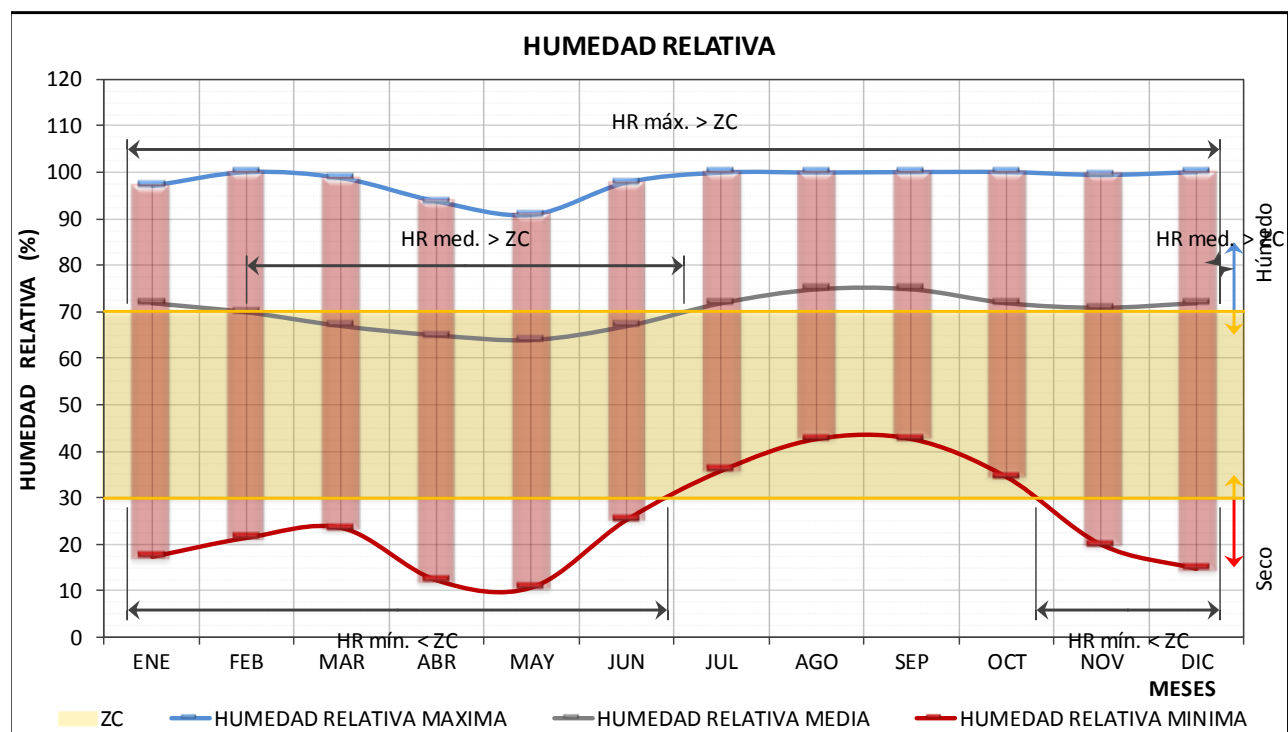
**Gráfica 1.** Temperatura y umbral de confort térmico.

Fuente: Elaboración propia, utilizando herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT)

En la gráfica 1 se muestra cómo la oscilación térmica entre temperaturas máximas y mínimas va desde los 2 °C hasta los 46 °C, y es notable como la media máxima de temperatura se sitúa fuera de la zona de confort todo el año, teniendo a la media fuera de la zona de confort de diciembre hasta marzo por debajo y de junio a julio por encima. Es importante recordar que estos valores influyen directamente en la zona de confort dependiendo de los niveles de HR.

La temperatura máxima diaria más alta registrada fue de 46 °C y se tuvo el 11 de agosto de 1969, así como la mínima, que se registró el 7 de enero de 1971 con un valor de 2°C.

#### 4.2.3.2 Humedad Relativa



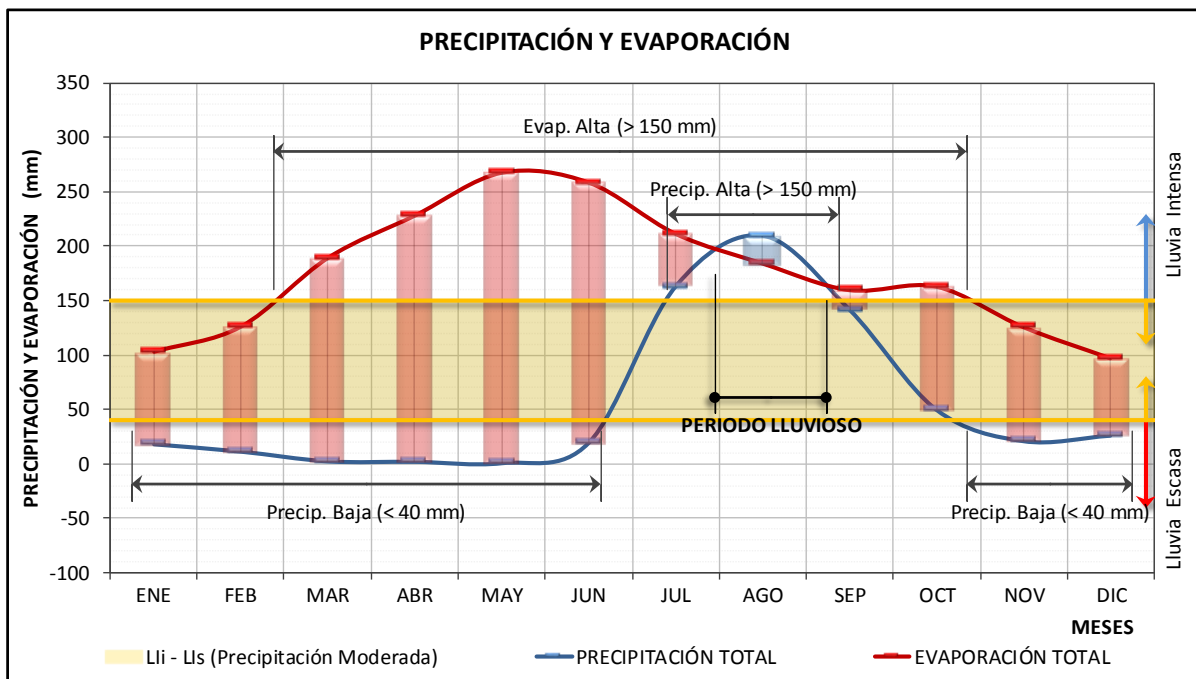
**Gráfica 2.** Humedad Relativa (% HR) y umbral de confort térmico.  
Fuente: Elaboración propia, utilizando herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT)

La Humedad Relativa se muestra estable, con una media que ronda el 70% todo el año, rebasando la zona de confort desde julio hasta mediados de febrero. Es importante recordar que estos valores influyen directamente en la zona de confort dependiendo de la temperatura que se tenga en el ambiente.

Los meses que presentan mayor porcentaje de humedad van desde julio a enero teniendo porcentajes máximos del 100%.

Al analizar la línea de los niveles mínimos de HR mensuales, es notorio que hace un dibujo que denota un comportamiento contrario al de los niveles térmicos analizados en la gráfica 1. La media anual sigue el mismo patrón, pero con un comportamiento más amortiguado.

### 4.2.3.3 Precipitación y evaporación



**Gráfica 3.** Precipitación evaporación y umbral de confort térmico.

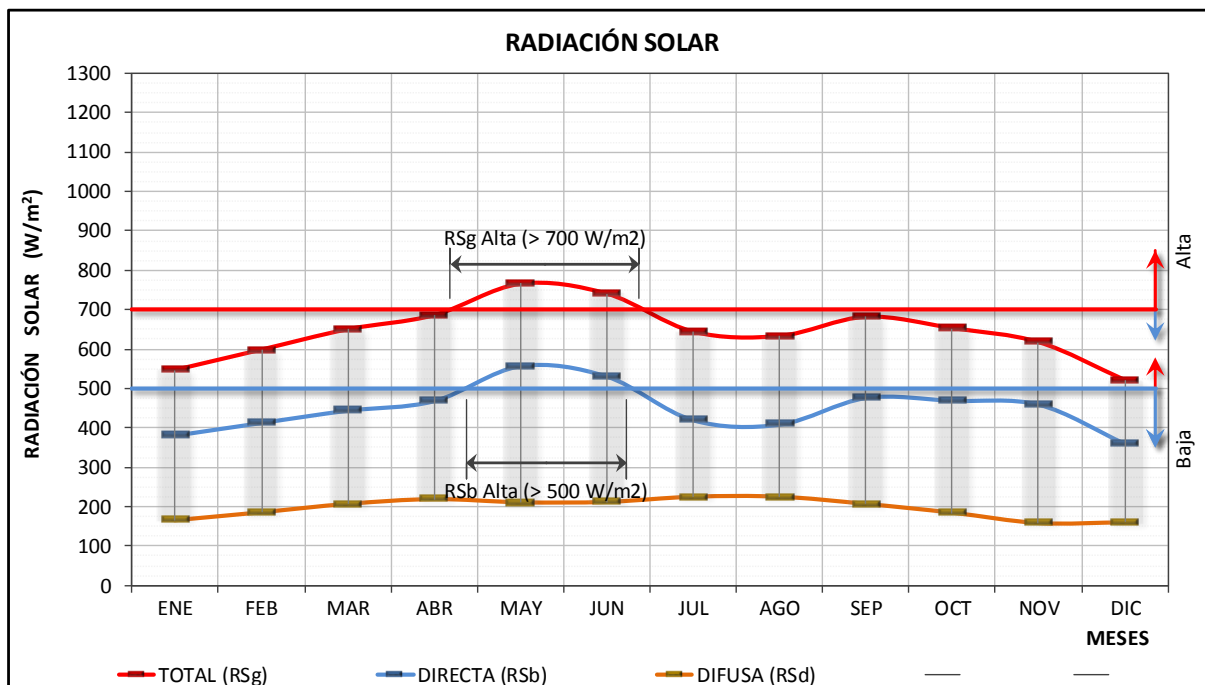
Fuente: Elaboración propia, utilizando herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT)

En la gráfica 3 se puede apreciar el comportamiento de la precipitación y evaporación en Culiacán a lo largo del año.

La evaporación en niveles altos comienza en el mes de marzo, alcanzando sus niveles más altos en el mes de mayo y disminuyendo gradualmente hasta diciembre y enero, cuando inicia su ciclo nuevamente. Dichos niveles coinciden con los niveles más bajos de HR presentados en la gráfica anterior, concluyendo que, entre mayor nivel de evaporación, menor nivel de humedad.

Las precipitaciones empiezan a partir de junio, teniendo su clímax en el mes de agosto, con niveles que superan los 200 mm. Las precipitaciones finalizan a finales de octubre, en donde se tienen lluvias dispersas de ahí en adelante, hasta principios de marzo.

#### 4.2.3.4 Radiación solar



**Gráfica 4.** Radiación solar.

Fuente: Elaboración propia, utilizando herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT)

El rango de radiación solar alta se presenta desde finales del mes de abril hasta finales del mes de junio sobrepasando los  $700 \text{ W/m}^2$ . La radiación baja de junio a agosto por el alto nivel de nubosidad, y en el lapso de noviembre a enero baja debido a la declinación solar terrestre de la zona de estudio.

La radiación difusa oscila entre  $160 \text{ W/m}^2$  y  $230 \text{ W/m}^2$ , teniendo su periodo más bajo en noviembre.

A continuación, se muestran las gráficas que describen la radiación solar a lo largo del año de maneras total horaria, directa horaria y difusa horaria.



## Escala Cromática

> 700	Radiación Alta	
500 700	Radiación Media	
0 500	Radiación Baja	
= 0	Radiación Nula	

RADIACION SOLAR TOTAL (RSg) HORARIA

MÁXIMA (12:00h)	MESES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Más de 120 W/m2 (h)	Radiación Total Diaria
546.0	ENE							107.8	237.7	360.2	459.4	523.8	546.0	523.8	459.4	360.2	237.7	107.8								9	3923.8
598.0	FEB							118.1	260.3	394.5	503.2	573.6	598.0	573.6	503.2	394.5	260.3	118.1								9	4297.5
650.0	MAR							128.4	282.9	428.8	547.0	623.5	650.0	623.5	547.0	428.8	282.9	128.4								11	4671.2
686.0	ABR							135.5	298.6	452.6	577.2	658.0	686.0	658.0	577.2	452.6	298.6	135.5								11	4930.0
766.0	MAY							151.3	333.4	505.4	644.6	734.8	766.0	734.8	644.6	505.4	333.4	151.3								11	5504.9
741.0	JUN							146.4	322.5	488.9	623.5	710.8	741.0	710.8	623.5	488.9	322.5	146.4								11	5325.2
644.0	JUL							127.2	280.3	424.9	541.9	617.8	644.0	617.8	541.9	424.9	280.3	127.2								11	4628.1
633.0	AGO							125.0	275.5	417.6	532.6	607.2	633.0	607.2	532.6	417.6	275.5	125.0								11	4549.1
682.0	SEP							134.7	296.9	450.0	573.9	654.2	682.0	654.2	573.9	450.0	296.9	134.7								11	4901.2
653.0	OCT							129.0	284.2	430.8	549.5	626.4	653.0	626.4	549.5	430.8	284.2	129.0								11	4692.8
617.0	NOV							121.9	268.6	407.1	519.2	591.9	617.0	591.9	519.2	407.1	268.6	121.9								11	4434.1
520.0	DIC							102.7	226.3	343.1	437.6	498.8	520.0	498.8	437.6	343.1	226.3	102.7								9	3737.0
644.7	ANUAL							127.3	280.6	425.3	542.5	618.4	644.7	618.4	542.5	425.3	280.6	127.3								11	4632.9

Gráfica 5. Radiación solar total (RSg) horaria.

Fuente: Elaboración propia, utilizando herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT)

MÁXIMA (12:00h)	MESES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Más de 120 W/m2 (h)	Radiación Total Diaria
381.0	ENE							50.2	134.7	226.5	307.1	361.7	381.0	361.7	307.1	226.5	134.7	50.2								9	2541.3
413.0	FEB							54.4	146.0	245.6	332.8	392.1	413.0	392.1	332.8	245.6	146.0	54.4								9	2754.8
444.0	MAR							58.5	157.0	264.0	357.8	421.5	444.0	421.5	357.8	264.0	157.0	58.5								9	2961.6
468.0	ABR							61.6	165.5	278.3	377.2	444.3	468.0	444.3	377.2	278.3	165.5	61.6								9	3121.6
556.0	MAY							73.2	196.6	330.6	448.1	527.8	556.0	527.8	448.1	330.6	196.6	73.2								9	3708.6
530.0	JUN							69.8	187.4	315.1	427.1	503.1	530.0	503.1	427.1	315.1	187.4	69.8								9	3535.2
420.0	JUL							55.3	148.5	249.7	338.5	398.7	420.0	398.7	338.5	249.7	148.5	55.3								9	2801.5
409.0	AGO							53.9	144.6	243.2	329.6	388.3	409.0	388.3	329.6	243.2	144.6	53.9								9	2728.1
476.0	SEP							62.7	168.3	283.0	383.6	451.9	476.0	451.9	383.6	283.0	168.3	62.7								9	3175.0
469.0	OCT							61.8	165.8	278.9	378.0	445.2	469.0	445.2	378.0	278.9	165.8	61.8								9	3128.3
459.0	NOV							60.4	162.3	272.9	369.9	435.7	459.0	435.7	369.9	272.9	162.3	60.4								9	3061.6
360.0	DIC							47.4	127.3	214.1	290.1	341.8	360.0	341.8	290.1	214.1	127.3	47.4								9	2401.3
448.8	ANUAL							59.1	158.7	266.8	361.7	426.0	448.8	426.0	361.7	266.8	158.7	59.1								9	2993.2

Gráfica 6. Radiación solar directa (RSb) horaria.

Fuente: Elaboración propia, utilizando herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT)

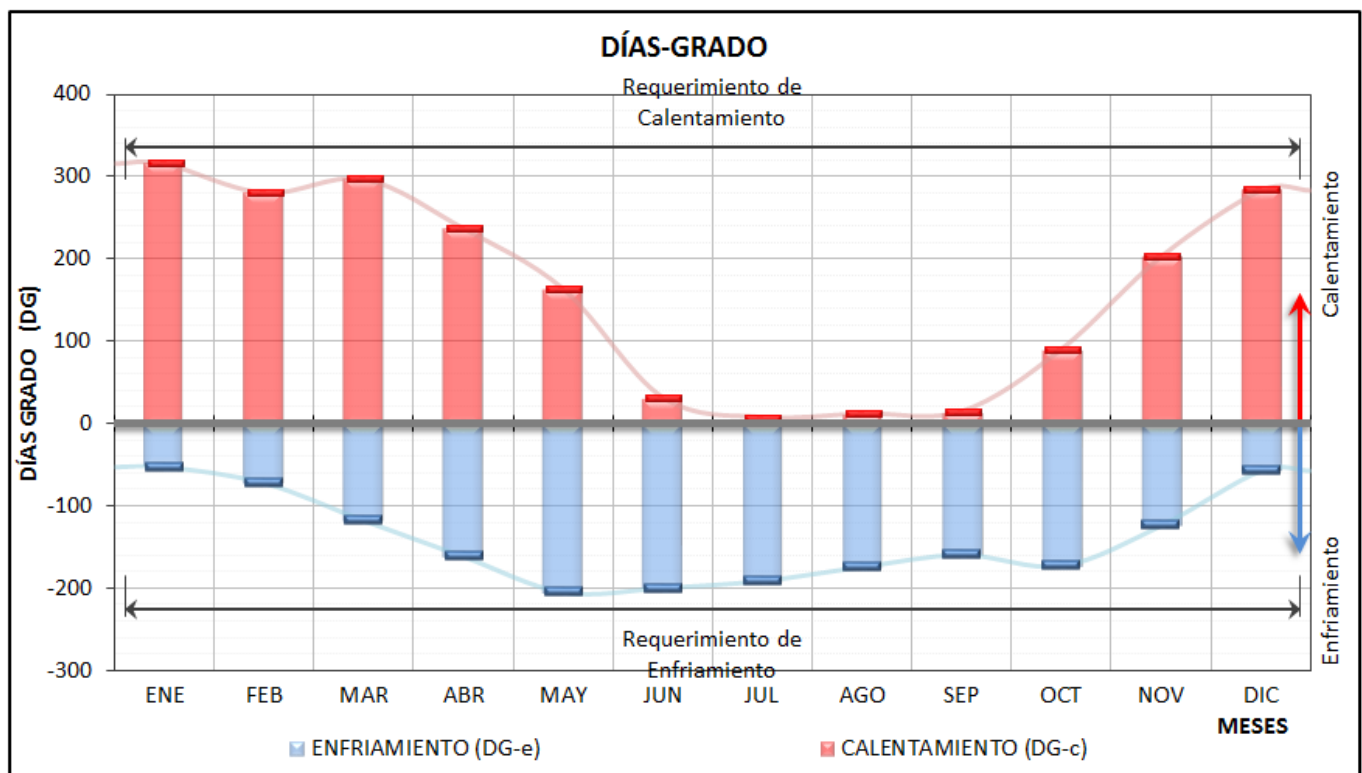
RADIACIÓN SOLAR DIFUSA (RSd) HORARIA

MÁXIMA (12:00h)	MESES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Más de 120 W/m2 (h)	Radiación Total Diaria
165.0	ENE							57.7	103.0	133.7	152.4	162.1	165.0	162.1	152.4	133.7	103.0	57.7								7	1382.5
185.0	FEB							63.7	114.3	149.0	170.3	181.6	185.0	181.6	170.3	149.0	114.3	63.7								7	1542.8
206.0	MAR							69.9	126.0	164.8	189.1	202.0	206.0	202.0	189.1	164.8	126.0	69.9								9	1709.7
218.0	ABR							73.9	133.1	174.3	200.1	213.8	218.0	213.8	200.1	174.3	133.1	73.9								9	1808.3
210.0	MAY							78.1	136.8	174.8	196.5	207.0	210.0	207.0	196.5	174.8	136.8	78.1								9	1796.3
211.0	JUN							76.6	135.2	173.7	196.4	207.7	211.0	207.7	196.4	173.7	135.2	76.6								9	1790.0
224.0	JUL							71.9	131.8	175.1	203.4	219.0	224.0	219.0	203.4	175.1	131.8	71.9								9	1826.6
224.0	AGO							71.2	130.9	174.4	203.0	218.9	224.0	218.9	203.0	174.4	130.9	71.2								9	1821.0
206.0	SEP							72.0	128.6	166.9	190.3	202.3	206.0	202.3	190.3	166.9	128.6	72.0								9	1726.2
184.0	OCT							67.2	118.4	152.0	171.5	181.2	184.0	181.2	171.5	152.0	118.4	67.2								7	1564.5
158.0	NOV							61.4	106.3	134.1	149.3	156.1	158.0	156.1	149.3	134.1	106.3	61.4								7	1372.5
160.0	DIC							55.3	99.1	129.0	147.4	157.1	160.0	157.1	147.4	129.0	99.1	55.3								7	1335.7
195.9	ANUAL							68.2	122.0	158.5	180.8	192.4	195.9	192.4	180.8	158.5	122.0	68.2								9	1639.7

Gráfica 7. Radiación solar difusa (RSd) horaria.

Fuente: Elaboración propia, utilizando herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT)

#### 4.2.3.5 Días-grado



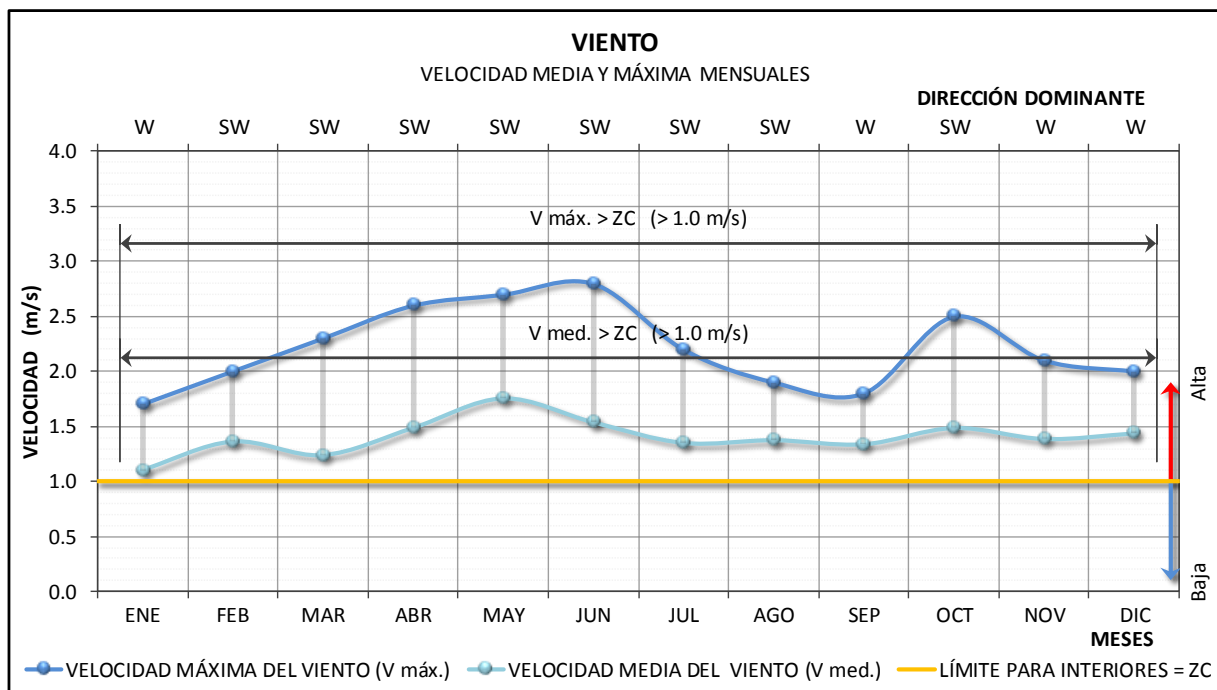
**Gráfica 8.** Días grado (DG).

*Fuente:* Elaboración propia, utilizando herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT)

Los días grado se refieren a un parámetro que sirve para la definición de las estrategias de diseño o los requerimientos de climatización de carácter natural o artificial para una edificación y con eso alcanzar la zona de confort del huésped. En la gráfica 8, cuando el valor es positivo, se requiere calentamiento y cuando es negativo se requiere enfriamiento. Cuando el valor es cero, las condiciones son confortables.

En el caso de Culiacán, se muestra cómo la estrategia de reducción térmica de la edificación debe enfatizarse en el período de mayo a octubre, es decir, durante seis meses.

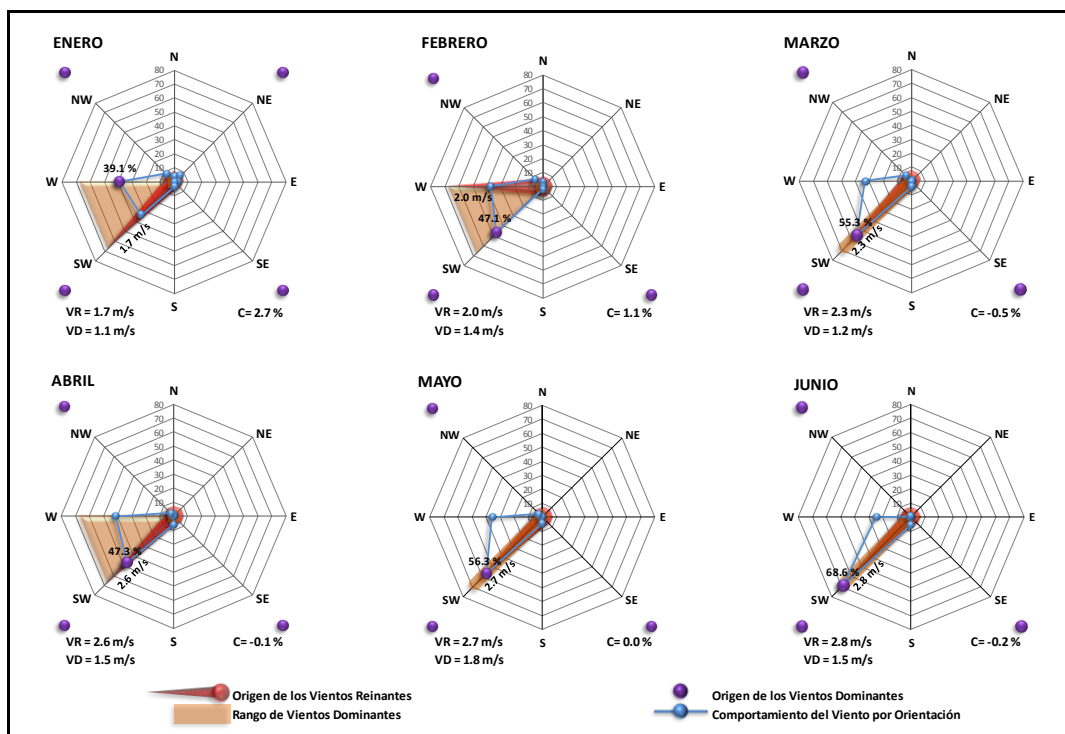
#### 4.2.3.6 Viento



**Gráfica 9.** Viento, velocidad media y máxima mensuales.  
Fuente: Elaboración propia, utilizando herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT)

Las velocidades de viento, tanto media, como máxima mensuales, se encuentran por encima de un metro por segundo (1.0 m/s), por lo tanto, son consideradas como altas, lo que puede o no proporcionar confort en interiores en caso de tener ventilación cruzada, pues, aunque toda velocidad de viento por encima de 1.0 m/s en una vivienda es deseable, la temperatura con la que el viento incida a la casa es un factor determinante para ser considerado confortable o no.

Los meses con mayor velocidad de viento son mayo y junio, pues sobrepasa los 2.5 m/s. Por el contrario, los meses que cuentan con menor velocidad son agosto, septiembre y enero, en ellos el viento no sobrepasa los 1.5 m/s.



**Gráfica 10.** Dirección del viento de enero a junio.  
Fuente: Elaboración propia, utilizando herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT)

En la ciudad de Culiacán, los vientos dominantes provienen del suroeste (SW), desde esta misma dirección también provienen los vientos reinantes durante todo el año, con la excepción de dos meses: febrero, pues aquí el origen de los vientos reinantes que predomina proviene del oeste (W); y octubre, en donde los vientos reinantes con un origen desde el suroeste (SE). A continuación, se muestra detalladamente el comportamiento promedio del viento en cada uno de los meses del año:

**Enero:** el rango de vientos dominantes abarca las direcciones oeste y suroeste (W y SW respectivamente); el origen de los vientos dominantes proviene desde el oeste (W) con una velocidad de 2.6 m/s y una frecuencia del 39.1%; los vientos reinantes se mantienen proviniendo desde el suroeste (SW) con una velocidad promedio de 1.7 m/s; finalmente, el promedio de calmas es del 2.7%.

**Febrero:** el rango de vientos dominantes abarca las direcciones oeste y suroeste (W y SW respectivamente); el origen de los vientos dominantes proviene desde el suroeste (SW) con una

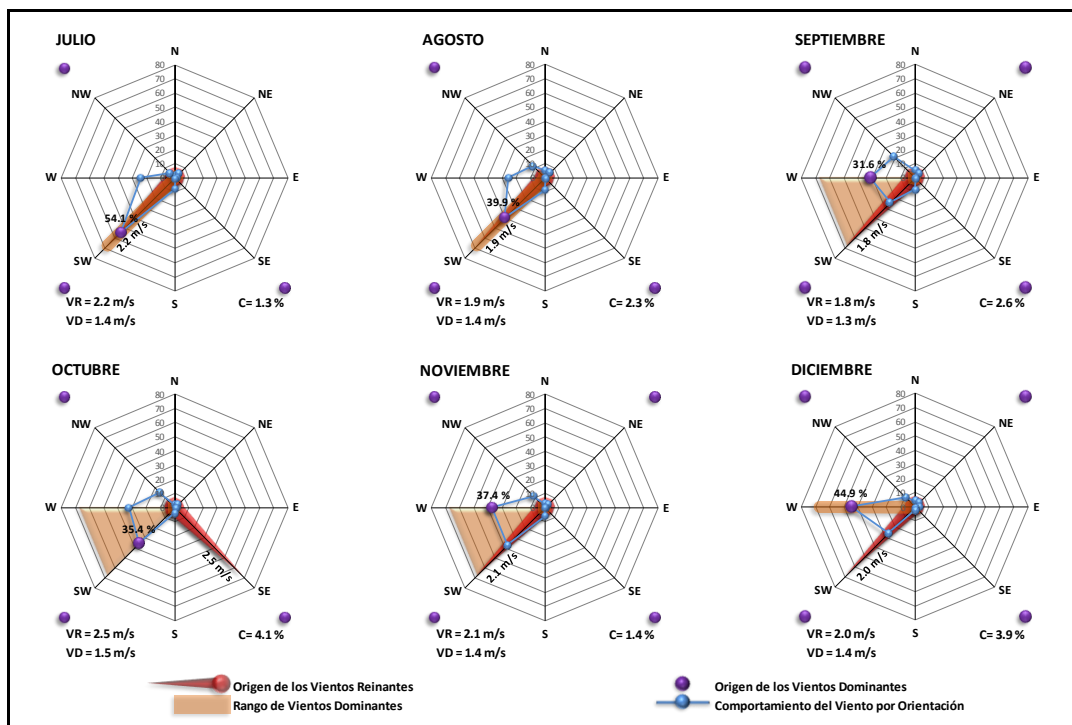
velocidad de 1.4 m/s y una frecuencia del 47.4%; los vientos reinantes se mantienen proviniendo desde el oeste (SW) con una velocidad promedio de 2.0 m/s; finalmente, el promedio de calmas es del 1.1%.

**Marzo:** en los vientos dominantes predomina la dirección suroeste (SW); el origen de los vientos dominantes proviene también desde el suroeste (SW) con una velocidad de 1.2 m/s y una frecuencia del 55.3%; los vientos reinantes se mantienen con procedencia desde el suroeste (SW) con una velocidad promedio de 2.3 m/s; finalmente, el promedio de calmas es del – 0.5%.

**Abril:** el rango de vientos dominantes abarca las direcciones oeste y suroeste (W y SW respectivamente); el origen de los vientos dominantes proviene desde el suroeste (SW) con una velocidad de 1.5 m/s y una frecuencia del 47.3%; los vientos reinantes se mantienen proviniendo desde el suroeste (SW) con una velocidad promedio de 2.6 m/s; finalmente, el promedio de calmas es del -0.1%.

**Mayo:** en los vientos dominantes predomina la dirección suroeste (SW); el origen de los vientos dominantes proviene también desde el suroeste (SW), con una velocidad de 1.8 m/s y una frecuencia del 56.3%; los vientos reinantes se mantienen proviniendo desde el suroeste (SW) con una velocidad promedio de 2.7 m/s; finalmente, el promedio de calmas es nulo (0%).

**Junio:** en los vientos dominantes predomina la dirección suroeste (SW); el origen de los vientos dominantes proviene también desde el suroeste (SW) con una velocidad de 1.5 m/s y una frecuencia del 68.6%; los vientos reinantes se mantienen proviniendo desde el suroeste (SW) con una velocidad promedio de 2.8 m/s; finalmente, el promedio de calmas es del -0.2%.



**Gráfica 11.** Dirección del viento de julio a diciembre.

Fuente: Elaboración propia, utilizando herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT)

Como continuación de gráfica 10, la gráfica 11 describe el comportamiento del viento en el intervalo mensual de julio a diciembre:

**Julio:** en los vientos dominantes predomina la dirección suroeste (SW); el origen de los vientos dominantes proviene también desde el suroeste (SW) con una velocidad de 1.4 m/s y una frecuencia del 54.1%; los vientos reinantes se mantienen proviniendo desde el suroeste (SW) con una velocidad promedio de 2.2 m/s; finalmente, el promedio de calmas es del 1.3%.

**Agosto:** en los vientos dominantes predomina la dirección suroeste (SW); el origen de los vientos dominantes proviene también desde el suroeste (SW) con una velocidad de 1.4 m/s y una frecuencia del 39.9%; los vientos reinantes se mantienen proviniendo desde el suroeste (SW) con una velocidad promedio de 1.9 m/s; finalmente, el promedio de calmas es del 2.3%.

**Septiembre:** el rango de vientos dominantes abarca las direcciones oeste y suroeste (W y SW respectivamente); el origen de los vientos dominantes proviene desde el oeste (W) con una

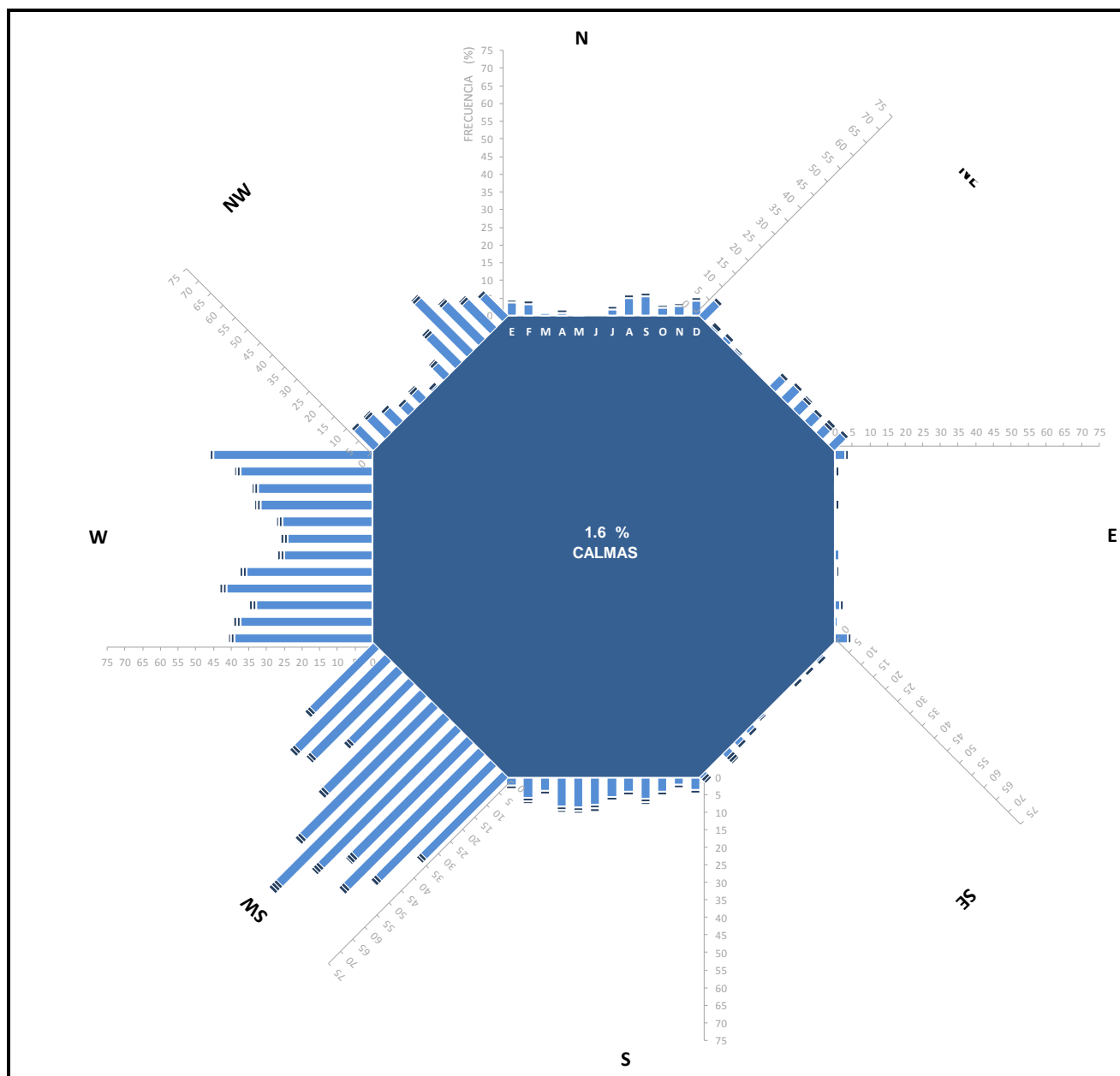
velocidad de 1.3 m/s y una frecuencia del 31.6%; los vientos reinantes se mantienen proviniendo desde el suroeste (SW) con una velocidad promedio de 1.8 m/s; finalmente, el promedio de calmas es del 2.6%.

**Octubre:** el rango de vientos dominantes abarca las direcciones oeste y suroeste (W y SW respectivamente); el origen de los vientos dominantes proviene desde el suroeste (SW) con una velocidad de 1.5 m/s y una frecuencia del 35.4%; los vientos reinantes en este mes, a diferencia de la mayoría, provienen desde el sureste (SE) con una velocidad promedio de 2.5 m/s; finalmente, el promedio de calmas es del 4.1%.

**Noviembre:** el rango de vientos dominantes abarca las direcciones oeste y suroeste (W y SW respectivamente); el origen de los vientos dominantes proviene desde el oeste (W) con una velocidad de 1.4 m/s y una frecuencia del 37.4%; los vientos reinantes se mantienen proviniendo desde el suroeste (SW) con una velocidad promedio de 2.1 m/s; finalmente, el promedio de calmas es del 1.4 %.

**Diciembre:** en los vientos dominantes predomina la dirección oeste (W); en cambio, el origen de los vientos dominantes proviene desde el suroeste (SW) con una velocidad de 1.4 m/s y una frecuencia del 44.9%; los vientos reinantes se mantienen proviniendo desde el suroeste (SW) con una velocidad promedio de 2.0 m/s; finalmente, el promedio de calmas es del 3.9%.



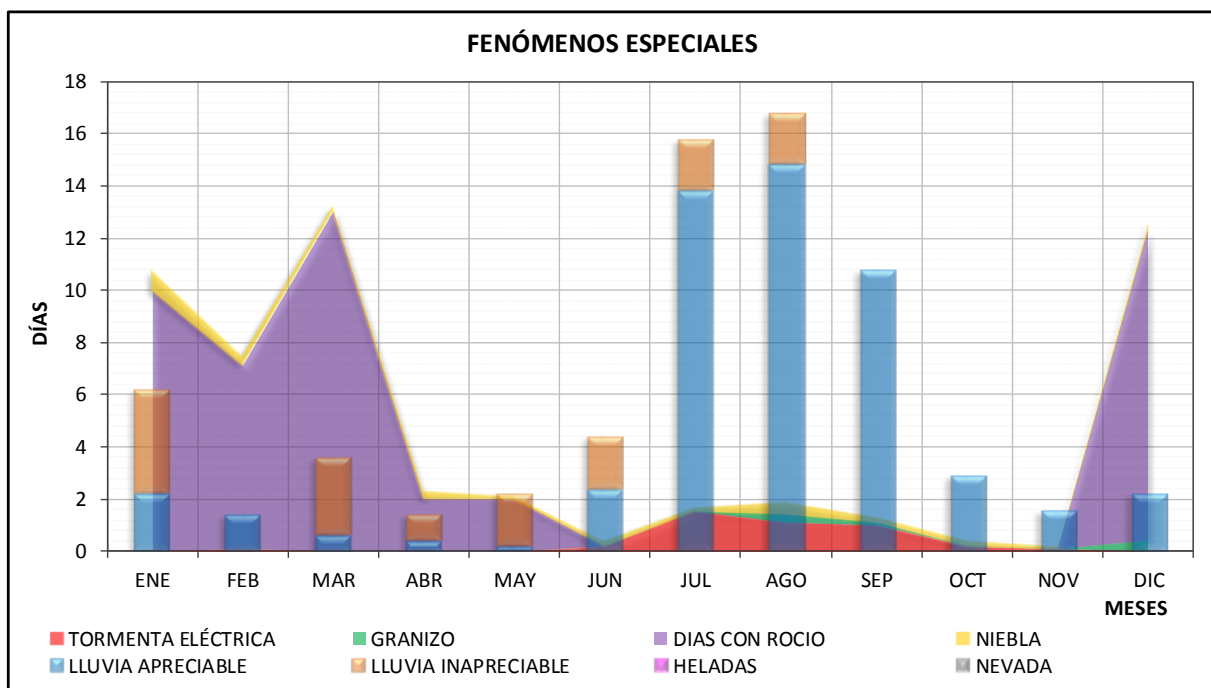


**Gráfica 12.** Rosa octogonal de viento.

*Fuente:* Elaboración propia, utilizando herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT)

La rosa octogonal de vientos muestra la frecuencia de vientos de cada mes en cada uno de los cuatro puntos cardinales y sus intermedios. En Culiacán, como es notorio en las gráficas 10, 11 y 12 se destaca la prevalencia de los vientos dominantes provenientes del suroeste principalmente y del oeste en segunda instancia.

#### 4.2.3.7 Fenómenos especiales



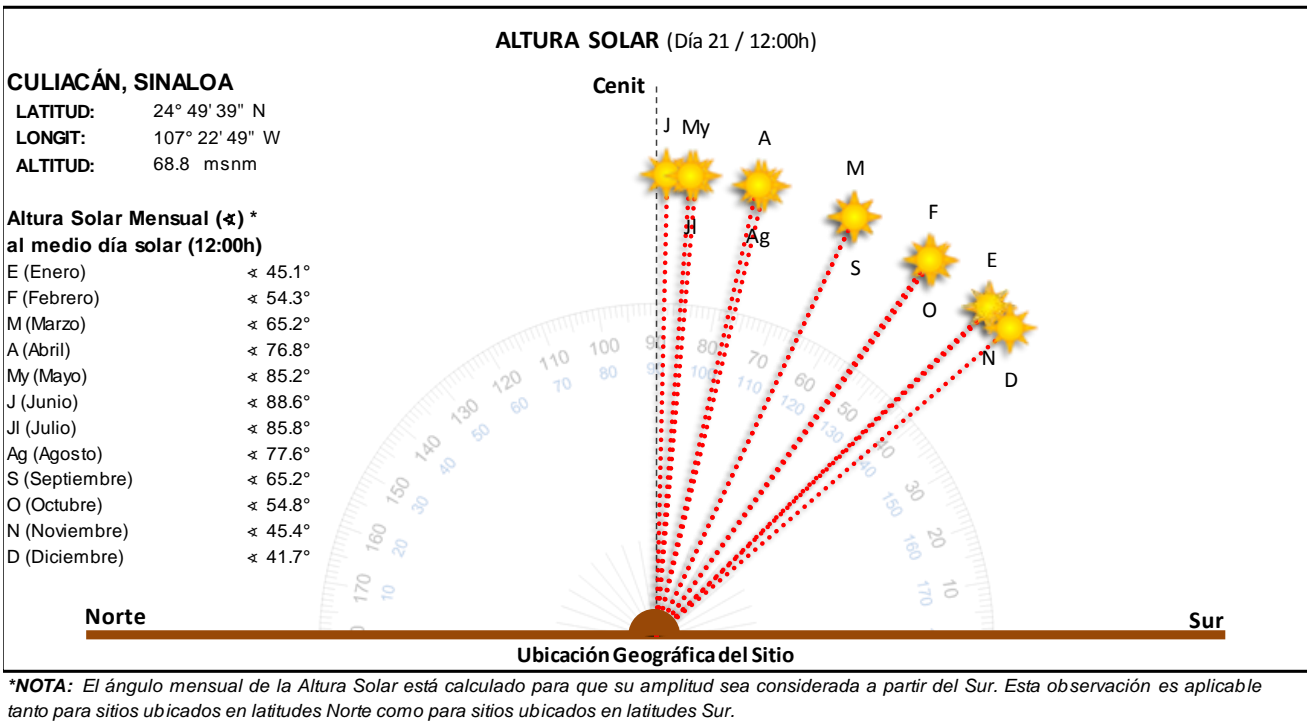
**Gráfica 13.** Fenómenos especiales.

*Fuente:* Elaboración propia, utilizando herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT)

La gráfica 12 explica la cantidad de fenómenos especiales que suceden en la ciudad de Culiacán, Sinaloa. La unidad de medida es el *día* y la unidad de tiempo es el *mes*. Es importante mencionar que la línea vertical que marca la cantidad de días llega hasta 18 días por mes, pues son fenómenos que no tienen mucha frecuencia.

### 4.3 Análisis de Geometría Solar

La geometría solar mensual de la ciudad de Culiacán, Sinaloa, con latitud  $24^{\circ} 49' 39''$  N llega a tener una inclinación máxima hacia el sur de  $41.7^{\circ}$  en el mes de diciembre (invierno en el hemisferio norte terrestre), así como una inclinación máxima hacia el norte de  $88.6$  en junio (verano), es decir, en el verano el sol puede estar casi en el cenit ( $90\%$ ), pues la ubicación de Culiacán es muy cercana al trópico de Cáncer, que tiene una latitud de  $23^{\circ} 26' 14''$  N.



**Gráfica 14.** Altura solar.

Fuente: Elaboración propia, utilizando herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT)

PARÁMETROS	UNIDAD	MESES												ANUAL
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
Día Juliano	21	21	52	80	111	141	172	202	233	266	294	325	355	
Hora	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	
Ángulo diario	radianes	0.34	0.88	1.36	1.89	2.41	2.94	3.46	3.99	4.56	5.04	5.58	6.09	
Declinación	gr (°)	-20.09	-10.84	0.00	11.58	20.02	23.45	20.64	12.38	0.00	-10.42	-19.76	-23.45	
Altura Solar	gr (°)	45.09	54.33	65.17	76.76	85.19	88.62	85.81	77.55	65.17	54.76	45.41	41.72	
Azímüt	gr (°)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Orto	h.m	6.39	6.20	6.00	5.38	5.21	5.14	5.20	5.37	6.00	6.20	6.38	6.46	6.00
Ocaso	h.m	17.21	17.40	18.00	18.22	18.39	18.46	18.40	18.23	18.00	17.40	17.22	17.14	18.00
Duración del día	h.m	10.42	11.19	12.00	12.44	13.18	13.33	13.20	12.47	12.00	11.21	10.43	10.27	12.00

**Tabla 5:** Parámetros de análisis solar.

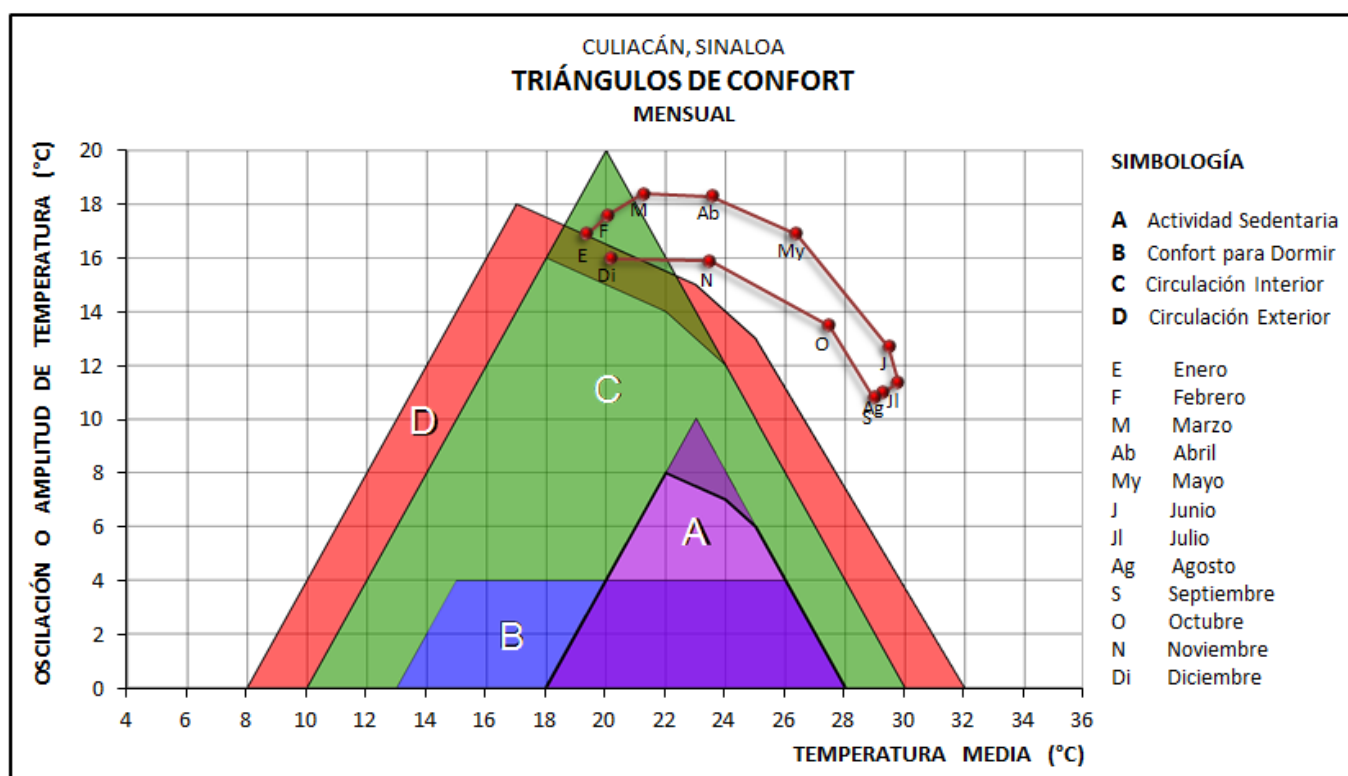
Fuente: Elaboración propia, utilizando herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT) con información del libro “Cálculo de la Radiación Solar Instantánea en la República Mexicana” de Fernández Zayas y Estrada-Cajigal.

## 4.4 Análisis bioclimático

### 4.4.1 Análisis bioclimático mensual

#### 4.4.1.1 Triángulo de Evans: oscilación térmica.

Este tipo de gráfica de diseño bioclimático, tiene énfasis en la oscilación térmica, permitiendo visualizar una relación entre las condiciones climáticas y, con ello, seleccionar estrategias de diseño bioclimático, así como realizar la verificación del funcionamiento en edificaciones existentes a través de la amplitud térmica y su modificación al aplicar estrategias de bioclimatismo. La oscilación térmica y la temperatura media mensual son datos manejados dentro de este método, y se grafican en los dos grupos de triángulos: el primero, “triángulos de confort”, que define el tipo de confort (circulación interior, circulación exterior, actividad sedentaria y confort para dormir); el segundo, estrategias de diseño, donde muestra el recurso bioclimático que debe ser utilizado (ventilación cruzada, ventilación selectiva, inercia térmica, ganancias internas y ganancias solares) (Machuca *et al.*, 2012: 4).

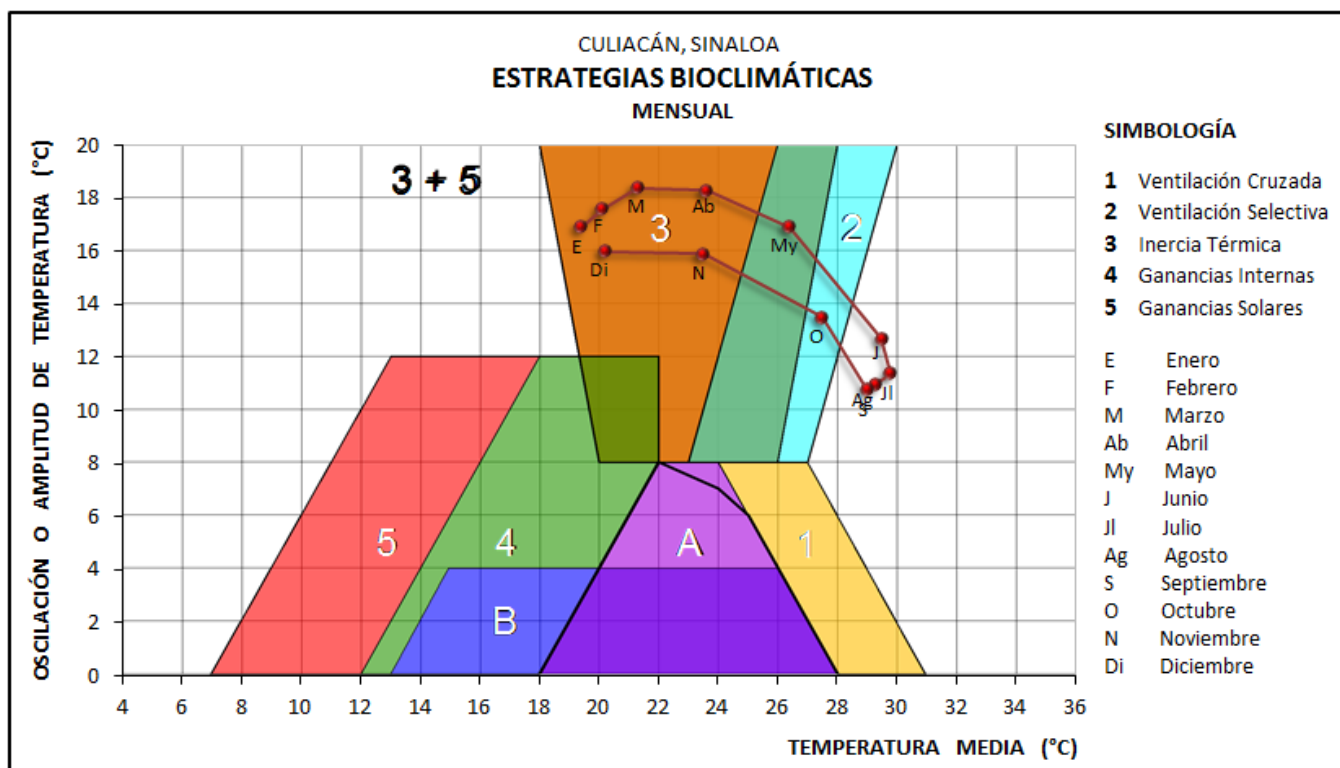


**Gráfica 15.** Triángulos de confort: oscilación térmica.

Fuente: Elaboración propia, utilizando herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT)

Los triángulos de Evans muestran cómo en la ciudad de Culiacán en los meses de enero, febrero y diciembre se puede alcanzar la zona de confort en circulación interior (hablando de la

circulación de la persona en el interior del inmueble), y en el mes de diciembre y una pequeña fracción de enero se puede tener confort realizando circulación exterior.



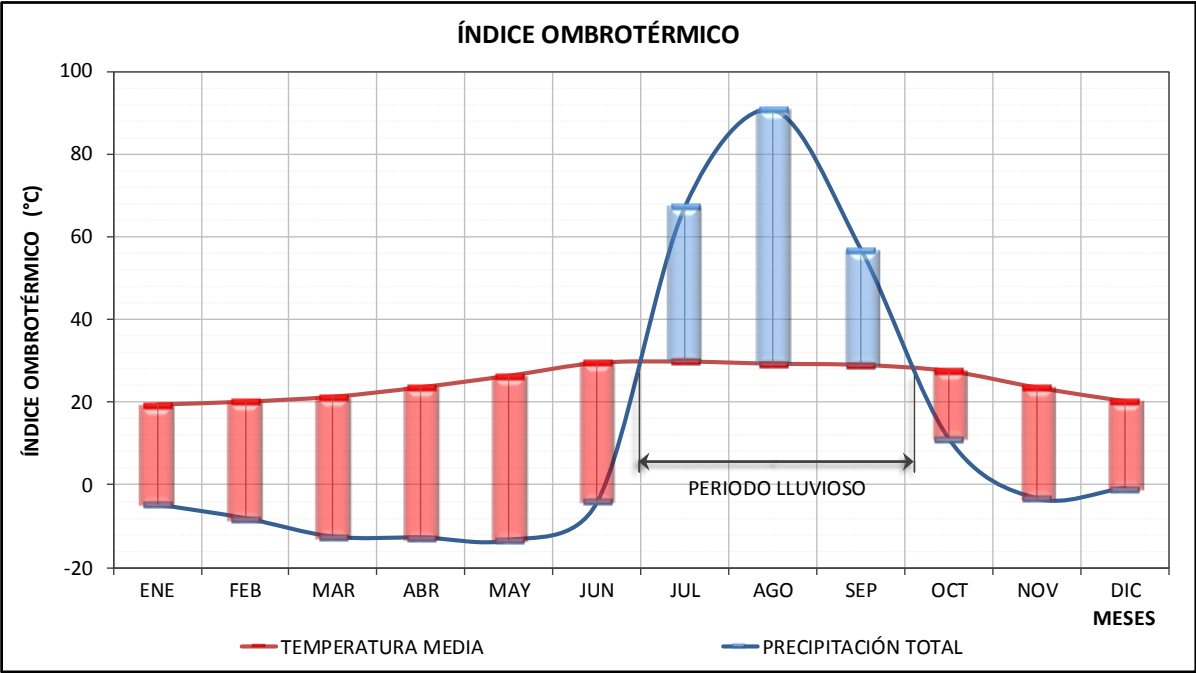
**Gráfica 16.** Triángulos de confort: estrategias bioclimáticas.  
*Fuente:* Elaboración propia, utilizando herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT)

En la gráfica 16 se muestra cómo en los meses de enero, febrero, marzo, abril, mayo, noviembre y diciembre, con aplicar una estrategia de inercia térmica en el inmueble se puede estar en confort. Del mismo modo en los meses de mayo y octubre, si se tiene una estrategia de ventilación selectiva se puede llegar al confort. Sin embargo, de junio a septiembre no se tiene ninguna estrategia bioclimática convencional recomendada, pues las condiciones climáticas se vuelven extremas térmicamente.

4.4.1.2 Índice Ombrotérmico

ÍNDICE OMBROTÉRMICO															
FUENTE	VARIABLES CLIMATOLÓGICAS	UNIDAD	AÑOS	MESES											
				ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
b	TEMPERATURA MEDIA	°C	60	19.4	20.1	21.3	23.6	26.4	29.5	29.8	29.3	29.0	27.5	23.5	20.2
b	PRECIPITACIÓN TOTAL	mm	60	18.4	11.7	2.8	2.4	1.1	19.7	162.8	209.2	141.6	50.0	21.3	26.3

ÍNDICE OMBROTÉRMICO															
b	TEMPERATURA EQUIVALENTE	coef.		-4.8	-8.2	-12.6	-12.8	-13.5	-4.2	67.4	90.6	56.8	11.0	-3.4	-0.9
b	ÍNDICE DE ARIDEZ	coef		-0.2	-0.4	-0.6	-0.5	-0.5	-0.1	2.3	3.1	2.0	0.4	-0.1	0.0
b	SECO / HUMEDO			S	S	S	S	S	S	H	H	H	S	S	S



Gráfica 17. Índice ombrotérmico.

Fuente: Elaboración propia, utilizando herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT)

Esta gráfica mide el índice ombrotérmico, mismo que es el resultante de dividir el valor de la precipitación positiva anual -explicando que ésta se mide como la suma de la precipitación mensual en milímetros de los meses de temperatura media superior a 0°C-; y, la temperatura positiva anual -que se refiere a la suma de la temperatura mensual en grados Celsius de los meses con temperatura media superior a 0 °C- mediante dos coeficientes: *temperatura equivalente*, *índice de aridez* diferenciando lapsos mensuales secos y húmedos (en caso de haberlos). Delineando, de esta manera, la curva anual de temperaturas medias mensuales y la precipitación mensual total de la ciudad de Cuiacán, Sinaloa.

#### 4.4.1.3 Tablas de Mahoney

Este método de diseño bioclimático elaborado por Carl Mahoney para el diseño del hábitat, compara datos climáticos con respecto a una zona de confort establecida en un lugar específico con condiciones climáticas previamente analizadas, y realiza una serie de sugerencias para hacer que el hábitat sea confortable. El estudio que se realiza en estas tablas se divide en cuatro etapas: 1. Análisis de datos meteorológicos mensuales; 2. Comparación de los datos climatológicos contra valores de límites o zonas de confort; 3. Identificación de indicadores y; 4. La definición de recomendaciones para el diseño arquitectónico (Machuca *et al.*, 2012: 4-5).

CULIACÁN, SINALOA  
**TABLAS DE MAHONEY**

INDICADORES	1	2	3	4	5	6		No.	RECOMENDACIONES
NÚM. INDICADORES	8	0	2	4	0	0			
DISTRIBUCIÓN							X	1	Orientación Norte-Sur, eje largo Este-Oeste
								2	
ESPACIAMIENTO							X	3	
								4	Igual a 3 pero con protección de vientos
								5	
VENTILACIÓN							X	6	Locales de una galería. Ventilación constante
								7	
								8	
TAMAÑO DE ABERTURAS							X	9	
								10	Medianas (30% - 50%)
								11	
								12	
								13	
POSICIÓN DE ABERTURAS							X	14	En muros N y S, a la altura de los ocupantes en barlovento
								15	
PROTECCIÓN DE ABERTURAS							X	16	Sombreado total y permanente
							X	17	Protección contra la lluvia
MUROS Y PISOS							X	18	
								19	Masivos (arriba de 8 h de retardo térmico)
TECHUMBRE							X	20	
								21	Ligera y bien aislada
								22	
ESPACIOS NOCTURNOS EXT.								23	
								24	

**NOTA:** Para cada aspecto se da una sola recomendación o ninguna, excepto en "Protección de las aberturas" y "Espacios nocturnos exteriores", donde varias recomendaciones son posibles.

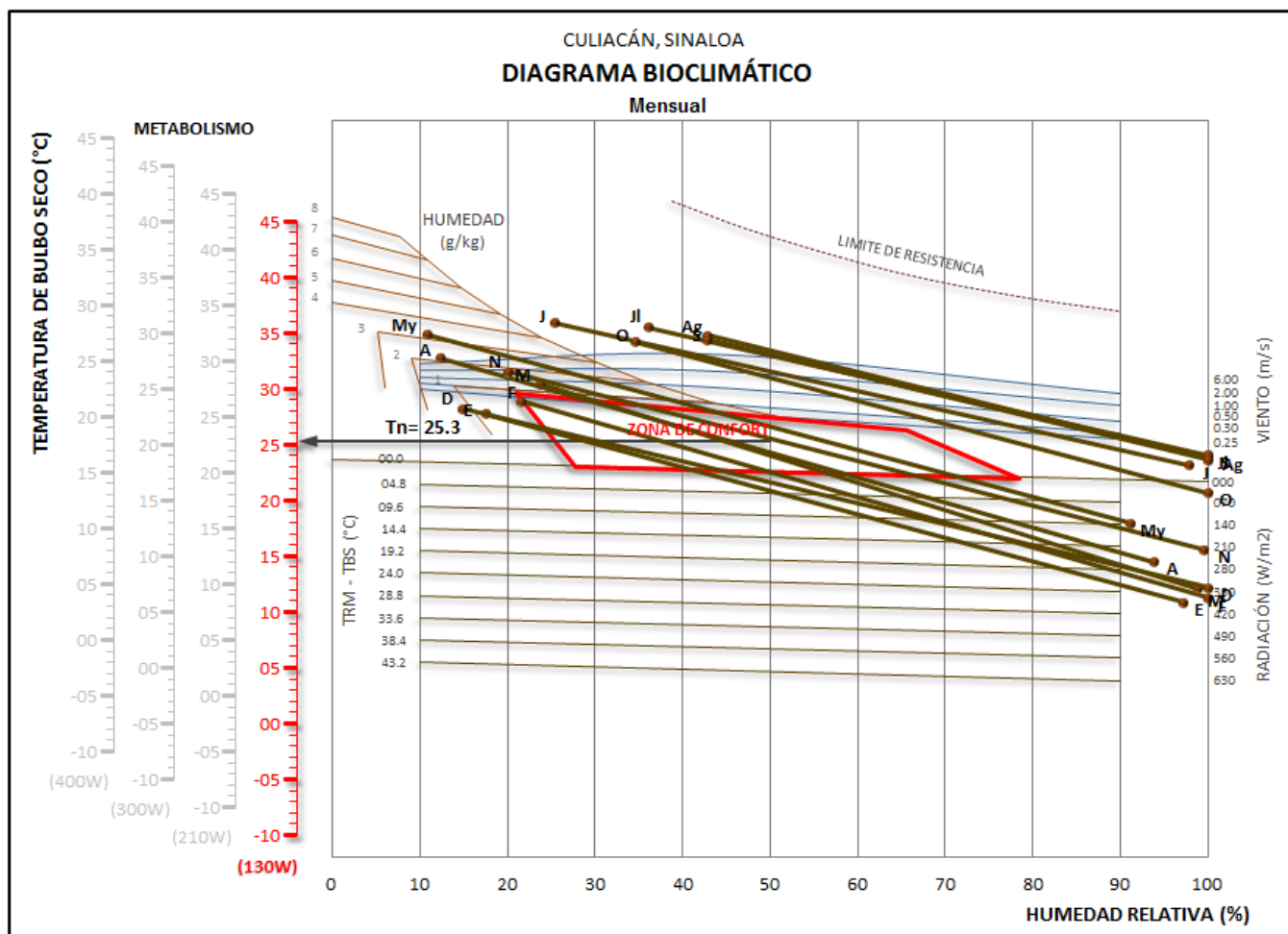
**Tabla 6.** Tablas de Mahoney.

*Fuente:* Elaboración propia, utilizando herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT)



#### 4.4.1.4 Diagrama bioclimático Olgyay

Este diagrama, explicado anteriormente en la sección 2.2.1 “Confort térmico (o confort higrotérmico)”, nos grafica los rangos mensuales y anuales de una ciudad o región analizada, enfocándose a la zona de confort tanto en el exterior como en sombra, tomando como parámetros principales a la temperatura, a la humedad relativa, al viento y a la radiación.



Gráfica 18. Diagrama bioclimático de Olgyay.

Fuente: Elaboración propia, utilizando herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT)

El diagrama muestra cómo en Culiacán ningún mes se contiene completamente dentro de la zona de confort, parcialmente atraviesan la zona de confort los meses de enero, febrero, marzo, abril, mayo, noviembre y diciembre, no se contienen dentro de la zona de confort debido a que se tienen excesos de radiación y de viento, que, aunque el viento generalmente es un factor que

favorece al estado sensorial de la persona, en este caso, los vientos junto a las temperaturas altas y el alto porcentaje de humedad, impactan negativamente en el confort de la persona. Por otro lado, los meses que se colocan todo el tiempo fuera de la zona de confort son: junio, julio, agosto, septiembre y octubre, debido a las altas temperaturas, así como a los periodos de calma de viento, el exceso de radiación solar, y a los altos niveles de humedad relativa. Para dicho periodo se recomiendan las siguientes estrategias de diseño bioclimático: evitar las ganancias mediante los mecanismos de transferencia de la termodinámica, haciendo énfasis en que dentro de la *conducción* es necesario minimizar el flujo conductivo de calor, mediante la *convección* se necesita minimizar la *infiltración* (de calor), finalmente, en lo que respecta a la *radiación*, es necesario minimizar la ganancia solar; por otro lado, la otra estrategia se refiere a promover las *pérdidas* (de calor), buscando que mediante la *conducción* se promueva el enfriamiento terrestre, mediante *convección* se promueva la ventilación, mediante *radiación* se promueva el *enfriamiento radiante* utilizando al cielo nocturno como “sumidero de calor”, buscando que la radiación de onda larga infrarroja (calor acumulado en la estructura) sea emitido hacia la superficie negra del cielo, finalmente, y fuera de la termodinámica, se recomienda la promoción del *enfriamiento evaporativo* (Fuentes Freixanet, 2004: 198-199).

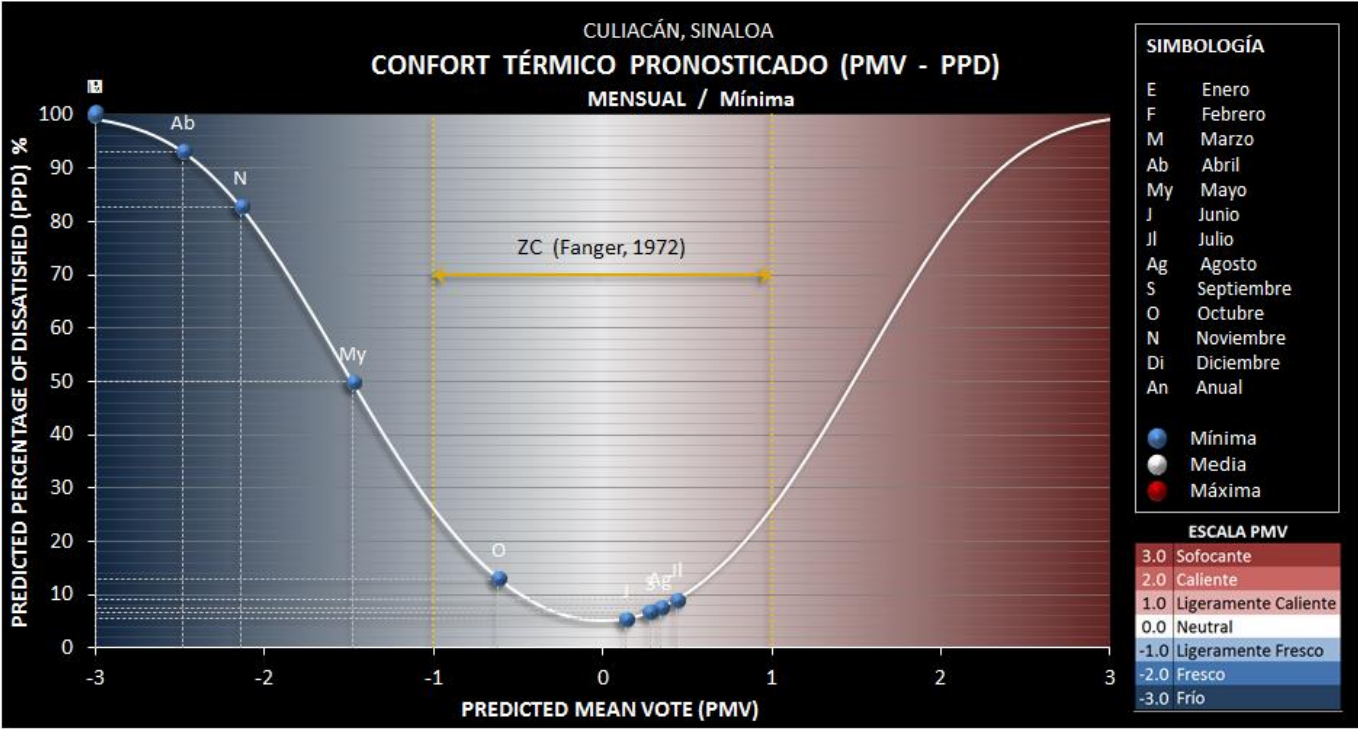
#### 4.4.1.5 Confort Térmico Pronosticado (PVM-PPD)

Este método desarrollado por Fanger en 1972, delimita la zona de *confort térmico* contenido dentro de una gama de colores referida a la temperatura que va desde “frío” hasta “sofocante” pasando por varios estados sensoriales que son percibidos entre esas dos categorías, calculando dos índices: el voto medio estimado (PMV, por sus siglas en inglés) y el porcentaje de insatisfacción pronosticada (PPD, por sus siglas en inglés).

PREDICTED MEAN VOTE (PMV) - PREDICTED PERCENTAGE OF DISSATISFIED (PPD)																
FUENTE	PARÁMETROS	UNIDAD	AÑOS	MESES												ANUAL
				ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
b	TEMPERATURA PROMEDIO MÁXIMA	°C	60	27.8	28.9	30.5	32.8	34.9	35.9	35.5	34.8	34.4	34.2	31.5	28.2	32.5
b	TEMPERATURA MEDIA	°C	60	19.4	20.1	21.3	23.6	26.4	29.5	29.8	29.3	29.0	27.5	23.5	20.2	25.0
b	TEMPERATURA PROMEDIO MÍNIMA	°C	60	10.9	11.3	12.1	14.5	18.0	23.2	24.1	23.8	23.6	20.7	15.6	12.2	17.5
d	HUMEDAD RELATIVA MAXIMA	%	1	97.1	100.0	98.7	93.8	91.0	97.8	99.9	99.9	100.0	100.0	99.4	100.0	98.1
a	HUMEDAD RELATIVA MEDIA	%	20	72.0	70.0	67.0	65.0	64.0	67.0	72.0	75.0	75.0	72.0	71.0	72.0	70.2
d	HUMEDAD RELATIVA MINIMA	%	1	17.4	21.5	23.6	12.3	10.8	25.4	36.0	42.8	42.8	34.6	20.0	14.8	25.2
Predicted Mean Vote (PMV)																
	PMV (Mínima)			-3.0	-3.0	-3.0	-2.5	-1.5	0.1	0.4	0.3	0.3	-0.6	-2.1	-3.0	-1.6
	PMV (Media)			-1.2	-1.0	-0.7	0.0	0.8	1.8	2.0	1.9	1.8	1.3	0.0	-0.9	0.5
	PMV (Máxima)			0.8	1.2	1.7	2.2	2.7	3.0	3.0	3.0	3.0	2.9	1.9	0.9	2.2
Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD)																
	PPD (Mínima)			100.0	100.0	100.0	93.1	49.9	5.4	9.0	7.5	6.7	13.0	82.7	100.0	55.8
	PPD (Media)	%		34.2	25.6	14.0	5.0	20.2	69.0	76.2	70.1	65.2	38.4	5.0	23.9	9.5
	PPD (Máxima)	%		19.1	33.8	59.3	84.0	97.3	100.0	100.0	100.0	100.0	98.5	72.2	22.2	86.4

Tabla 7. PVM-PPD de Culiacán, Sinaloa.

Fuente: Elaboración propia, utilizando herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT)

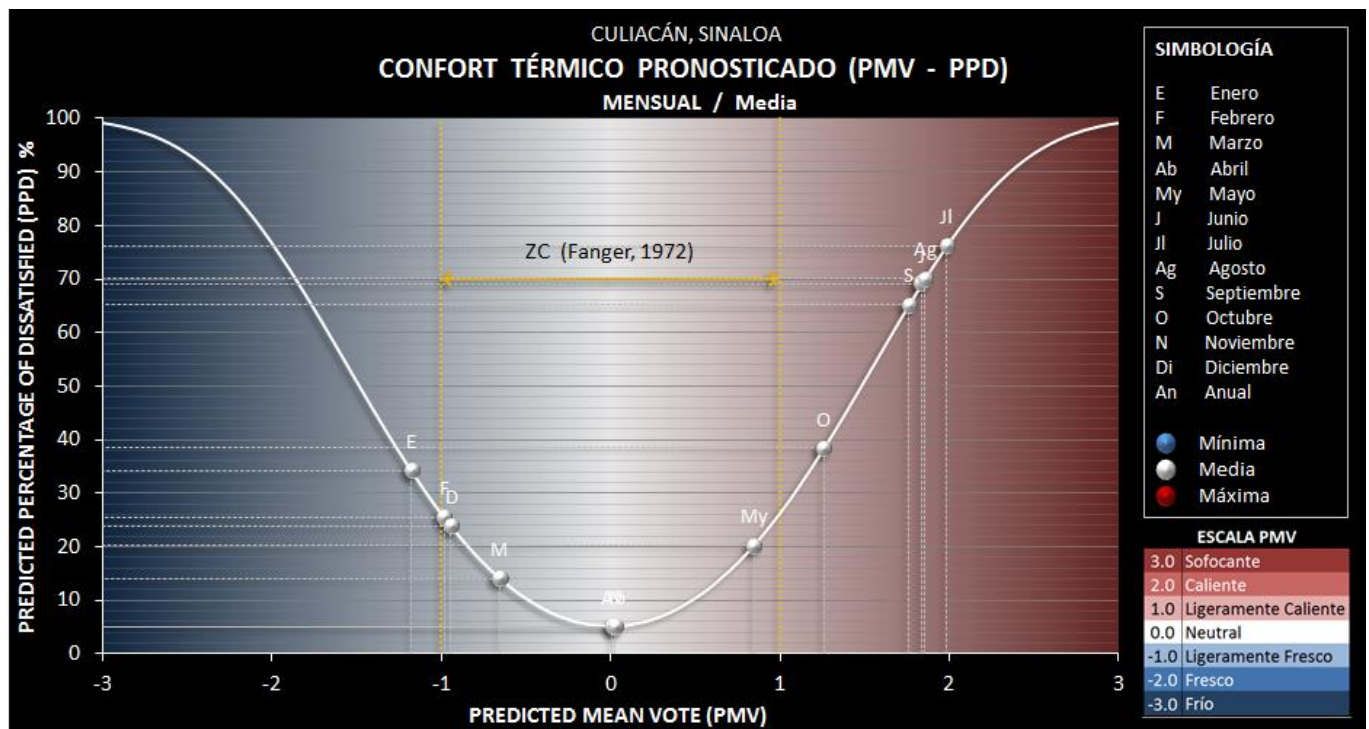


Gráfica 19. Confort Térmico Pronosticado (PMV-PPD): correlación mínima entre TBS y HR.

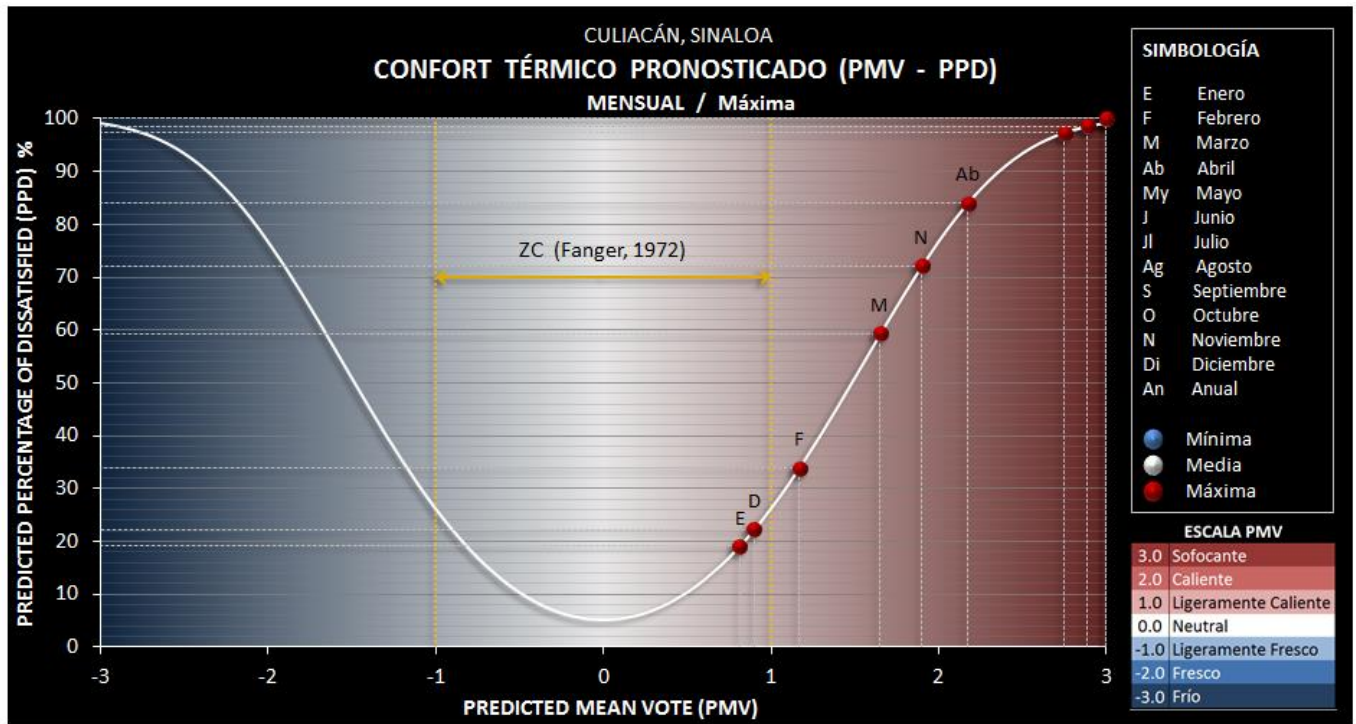
Fuente: Elaboración propia, utilizando herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT)

En la gráfica 19, al analizar la correlación mínima entre la temperatura media mensual medida con bulbo seco y el porcentaje de Humedad Relativa mensual, se describe que sólo los meses de junio, julio, agosto, septiembre y octubre tienen condiciones que sitúa a las personas dentro de la zona confort cuando se tienen las temperaturas mínimas diarias. claro, no es el mismo resultado al analizar las correlaciones medias o máximas. Pues cuando se analizan las medias, los meses de febrero, marzo, abril, mayo, noviembre y diciembre se contienen dentro de la zona de confort. En cambio, cuando se analizan las máximas, se tiene que sólo los meses de noviembre y enero se contienen dentro de dicha zona.

Se muestran a continuación las dos gráficas que muestran lo mencionado:



**Gráfica 20.** Confort Térmico Pronosticado (PMV-PPD): correlación media entre TBS y HR.  
Fuente: Elaboración propia, utilizando herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT)

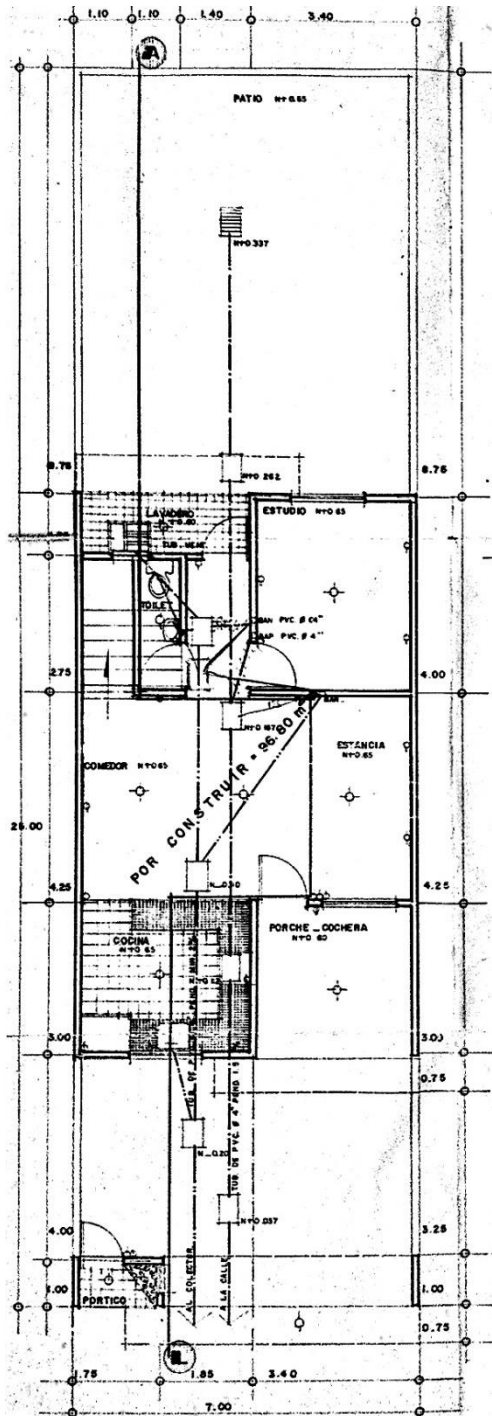


**Gráfica 21.** Confort Térmico Pronosticado (PMV-PPD): correlación máxima entre TBS y HR.  
*Fuente:* Elaboración propia, utilizando herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT)



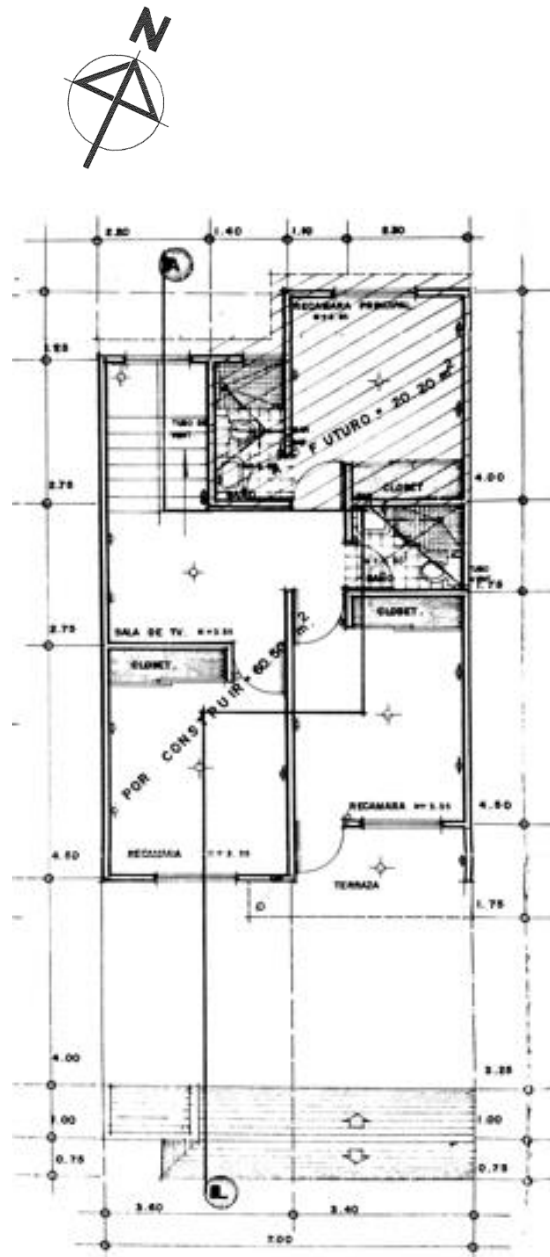
## 4.5 Análisis del edificio

### 4.5.1 Análisis arquitectónico



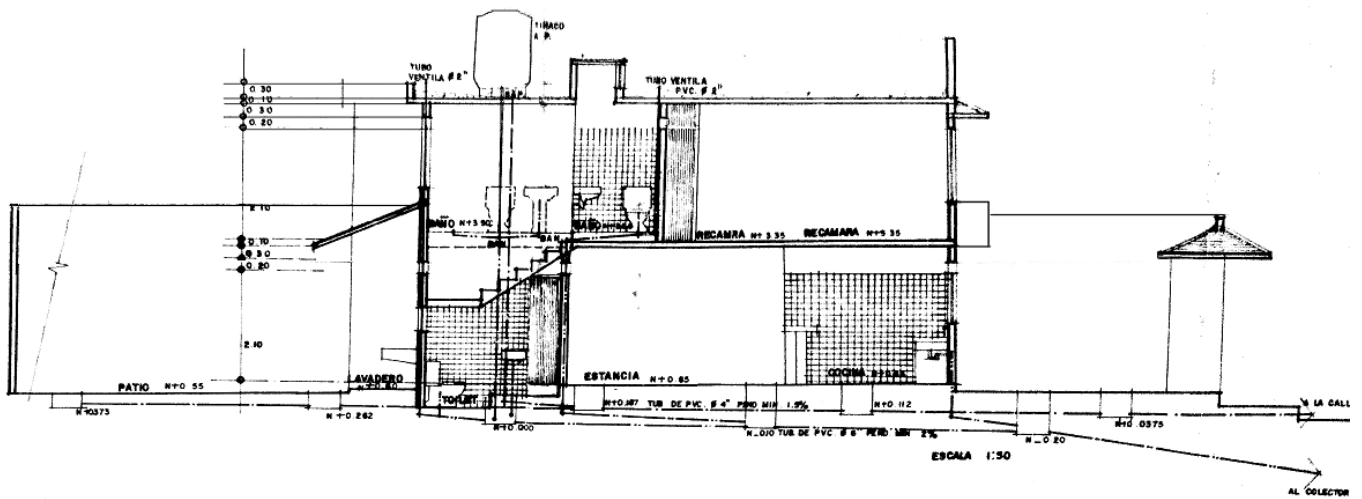
**Plano 1.** Planta arquitectónica de 1<sup>er</sup> nivel (s/e)

Fuente: propia

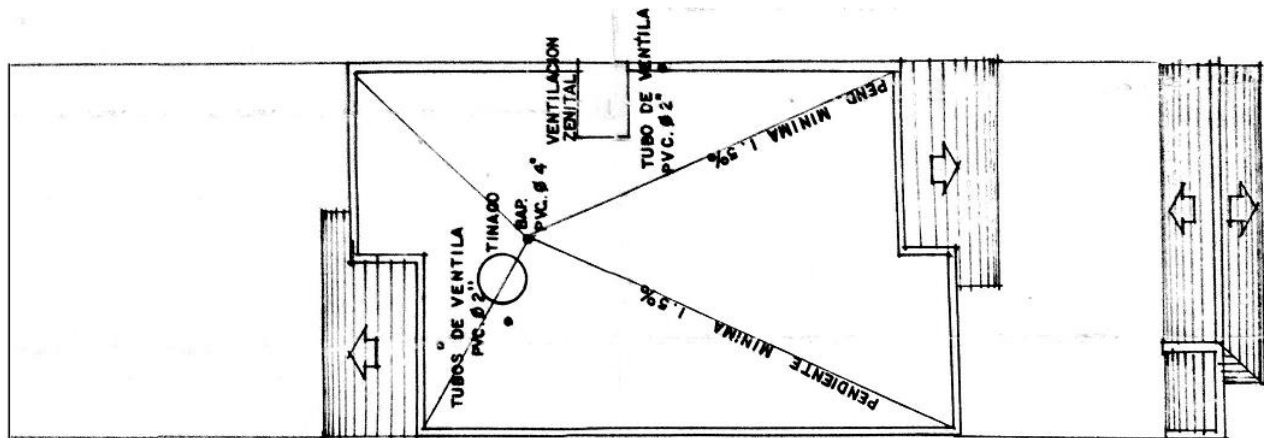


**Plano 2.** Planta arquitectónica de 2<sup>do</sup> nivel (s/e)

Fuente: propia

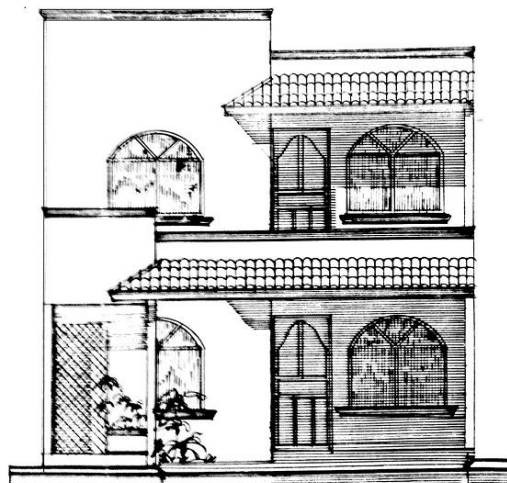


**Plano 3.** Corte longitudinal con instalación sanitaria (A-L) (s/e). Fuente: propia



**Plano 4.** Planta de azotea (A-L) (s/e). Fuente: propia





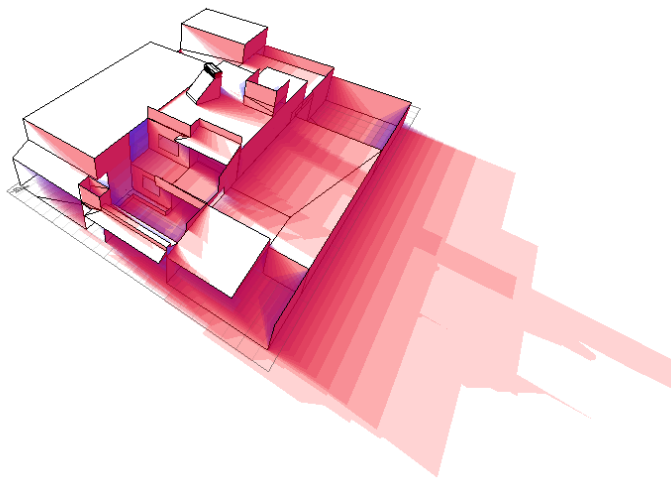
**Plano 5.** Fachada principal con orientación sur (s/e). Fuente: propia

La casa se realizó con el sistema constructivo a base de ladrillo recocido (dimensiones 25 x 15 x 6 cm), castillos (dimensiones 15 x 15 cm, con 4 varillas de 3/8", estribos de alambrecón de 1/4" a cada 20 cm amarrados con alambre recocido en los 4 cruces de las varillas), concreto armado. A su vez, cuenta con acabados de mortero de cemento, cal y arena en muros interiores y exteriores, y acabado de yeso en lecho bajo de losas. Fue cimentada con zapatas de concreto armado con dimensiones de un metro de largo y ancho, con alturas variables sobre un terreno que tuvo una sustitución de relleno, se cambió relleno existente de barrial, por ser expansivo, por relleno inerte de tepetate, mismo que fue aplanado y nivelado.

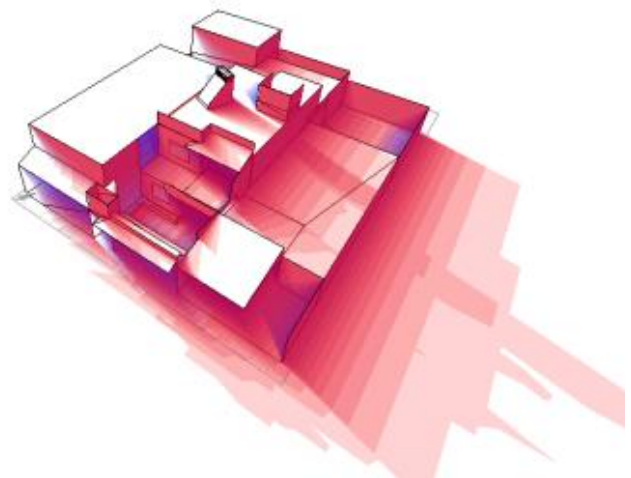
La vivienda cuenta con losas aligeradas en primera y segunda planta con casetón de poli-estireno expandido de dimensiones: 25 x 40 x 60 cm, lo que ya significa un tratamiento térmico que amortigua la conducción térmica de los materiales constructivos de la envolvente. Los muros son de 15 cm. Las losas son de 30 cm. Por otro lado, la ubicación de ventanas y puertas es la indicada conforme al terreno en su orientación norte-sur, pero carece de sombreado en las ventanas y cara suroeste, permitiendo la incidencia solar moderadamente, la cara norte no presenta incidencia solar. Finalmente, los tipos de piso utilizados son a base de concreto, con acabados de concreto, piedra y azulejo en la zona de cochera (ubicada al sur) -muy caliente-, con piso de tipo porcelanato color blanco de 30 x 30 cm en el interior de la vivienda (en ambas plantas y en escaleras) -muy fresco-, y plancha de concreto en la zona del patio (ubicado al norte) -muy caliente-. Se tienen protecciones de herrería con barrotes de 1.5 cm de diámetro y pintura vinílica en toda la envolvente e interiores.

#### 4.5.2 Análisis de asoleamiento mensual

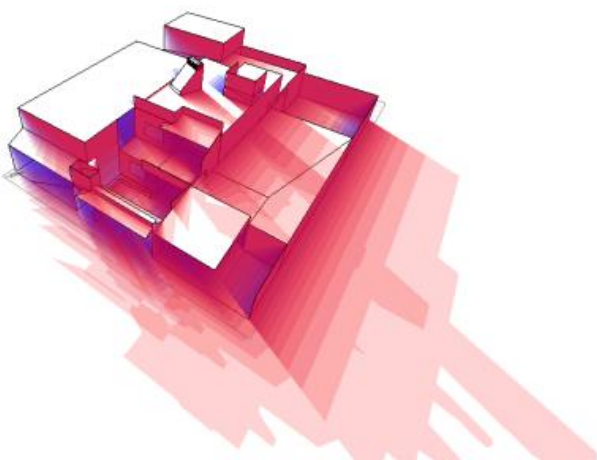
Las siguientes imágenes fueron creadas utilizando el software de diseño de construcción sustentable Ecotect Analysis 2011, y en ellas se muestra una simulación de asoleamiento horario mensual que va desde las 9:00 a.m. a las 5:00 p.m. enfocado a los días 21 de cada mes del año para el edificio que contiene al proyecto y los dos edificios colindantes. Se marca con azul el sombreado matutino y con rojo el sombreado vespertino.



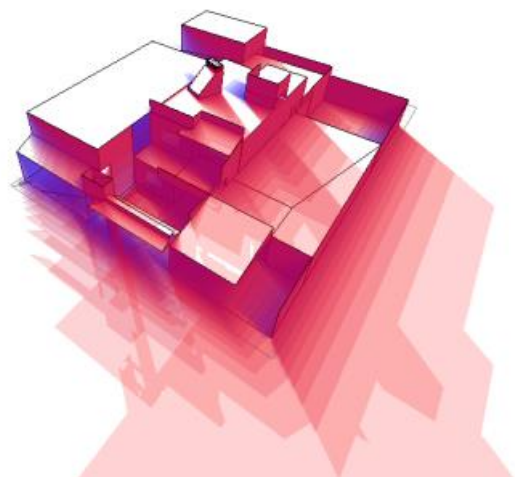
**Imagen A26. Enero**, asoleamiento en su día 21.  
Fuente: propia, utilizando Ecotect Analysis 2011



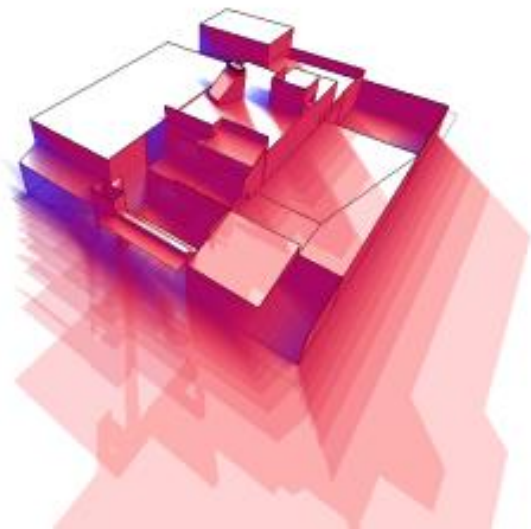
**Imagen A27. Febrero**, asoleamiento en su día 21.  
Fuente: propia, utilizando Ecotect Analysis 2011



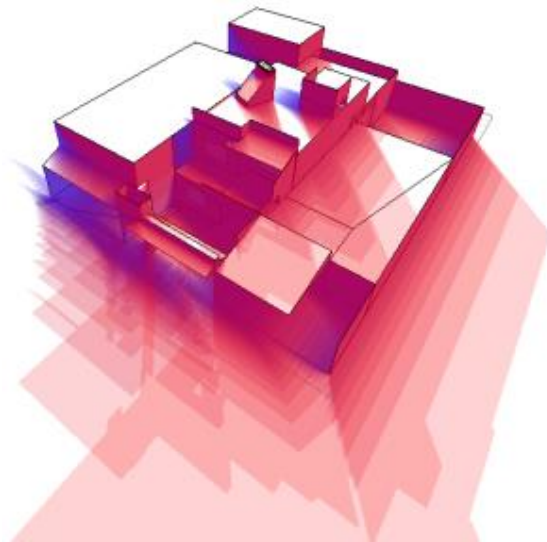
**Imagen A28. Marzo**, asoleamiento en su día 21.  
Fuente: propia, utilizando Ecotect Analysis 2011



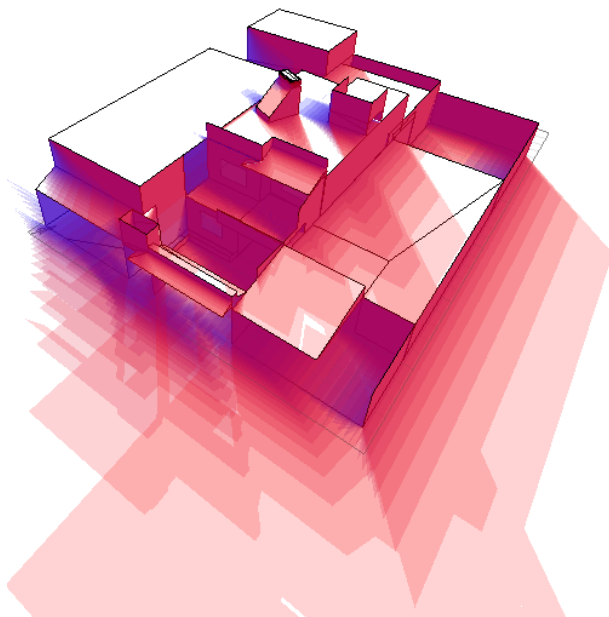
**Imagen A29. Abril**, asoleamiento en su día 21.  
Fuente: propia, utilizando Ecotect Analysis 2011



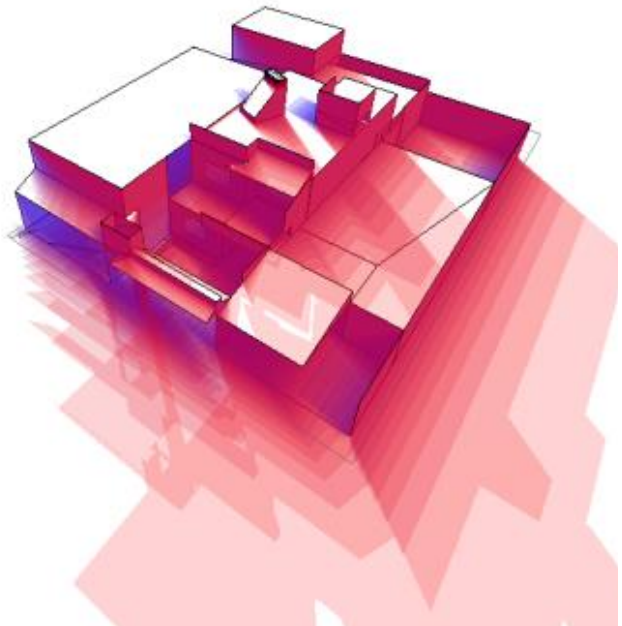
**Imagen A30. Mayo**, asoleamiento en su día 21.  
Fuente: propia, utilizando Ecotect Analysis 2011



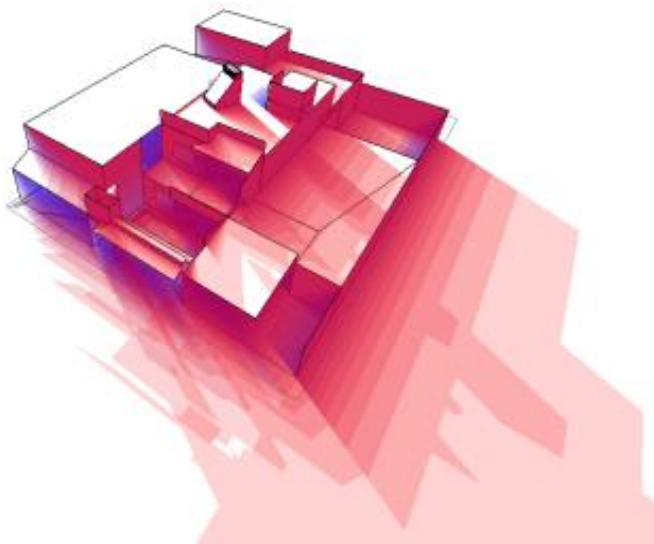
**Imagen A31. Junio**, asoleamiento en su día 21.  
Fuente: propia, utilizando Ecotect Analysis 2011



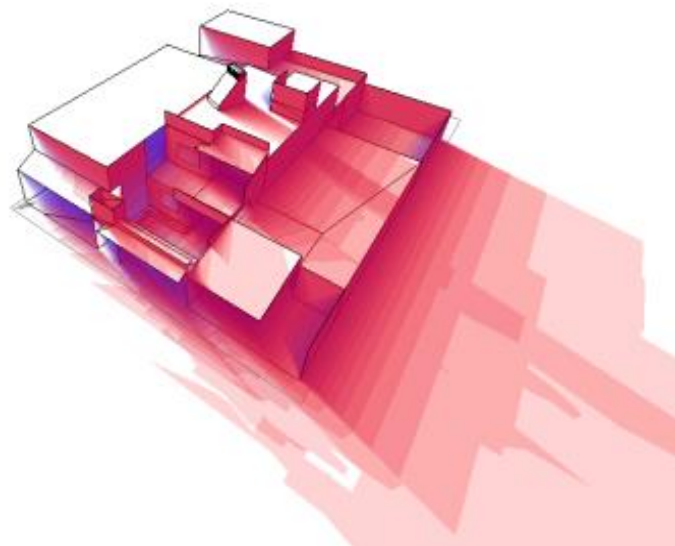
**Imagen A32. Julio**, asoleamiento en su día 21.  
Fuente: propia, utilizando Ecotect Analysis 2011



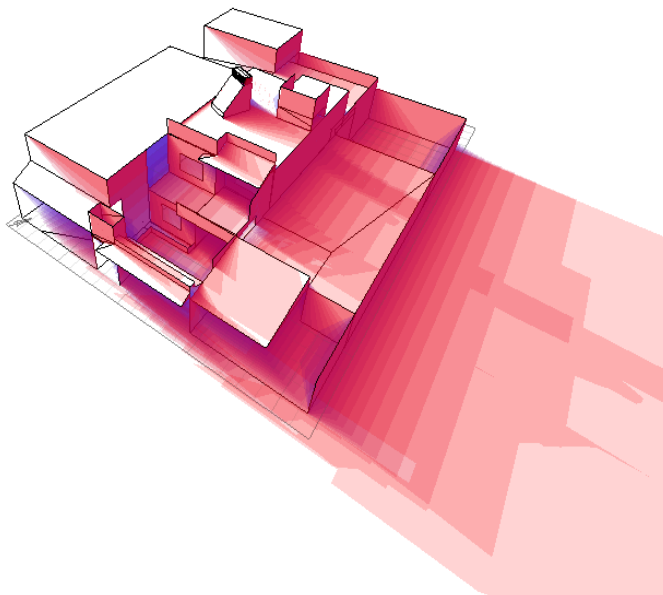
**Imagen A33. Agosto**, asoleamiento en su día 21.  
Fuente: propia, utilizando Ecotect Analysis 2011



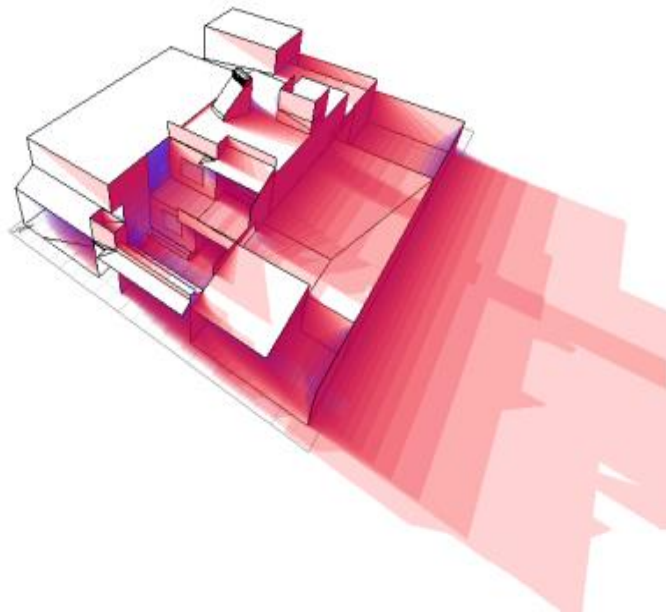
**Imagen A34. Septiembre**, asoleamiento en su día 21. Fuente: propia, utilizando Ecotect Analysis 2011



**Imagen A35. Octubre**, asoleamiento en su día 21. Fuente: propia, utilizando Ecotect Analysis 2011



**Imagen A36. Noviembre**, asoleamiento en su día 21. Fuente: propia, utilizando Ecotect Analysis 2011



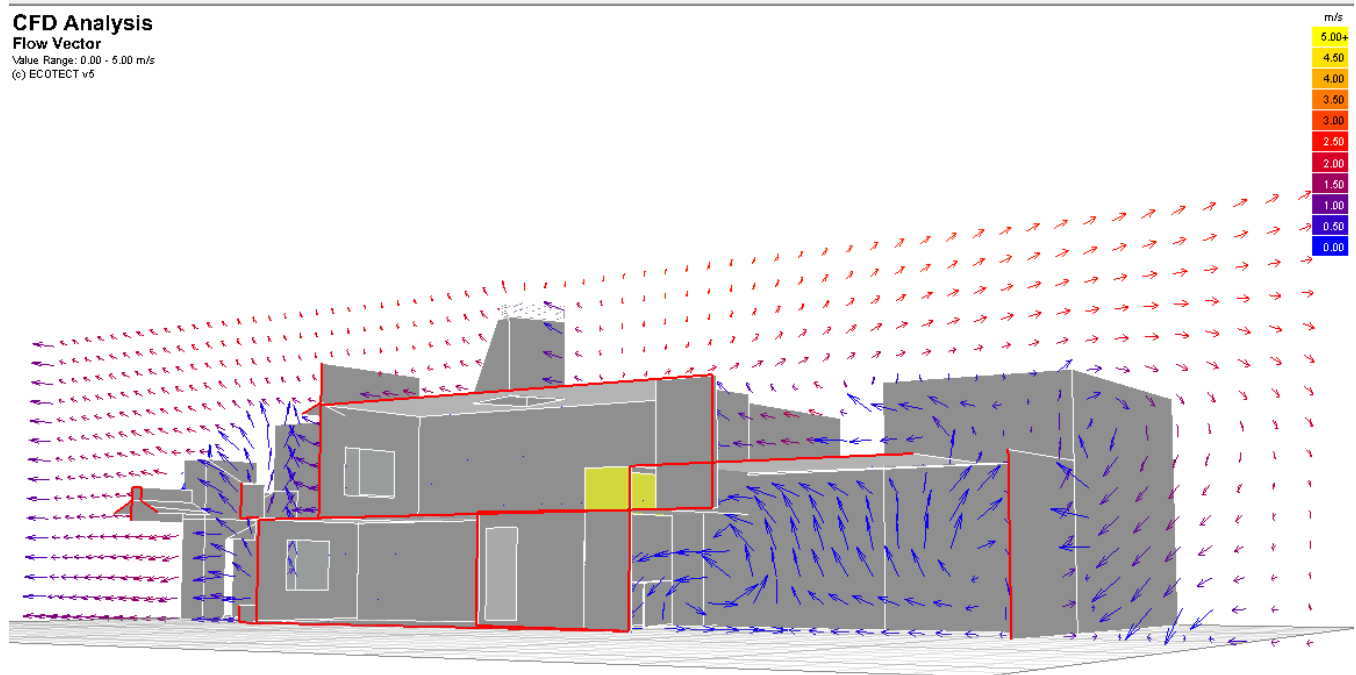
**Imagen A37. Diciembre**, asoleamiento en su día 21. Fuente: propia, utilizando Ecotect Analysis 2011

El factor más importante a analizar aquí es la orientación conveniente hacia el sur de la chimenea solar para recibir la mayor cantidad de asoleamiento diaria, mensual y anual. Por lo que se puede apreciar cómo la chimenea recibe asoleamiento directo a lo largo de todo el año, teniendo un ligero sombreado por la tarde en los meses de mayo, junio y julio, lo que afirma que la chimenea no está perfectamente proyectada hacia el norte en el modelo analizado. Sin embargo, el hecho de que tenga una inclinación de  $45^\circ$  favorece a su captación solar. El diseño se explicará más adelante en este trabajo, específicamente en el apartado 4.6.4.



### 4.5.3 Análisis de ventilación

Utilizando el software de diseño de construcción sustentable Ecotect Analysis 2011 se modelaron distintos escenarios de ventilación para la vivienda que contiene al proyecto de este trabajo. Cada uno es descrito a continuación junto a una imagen ilustrativa.

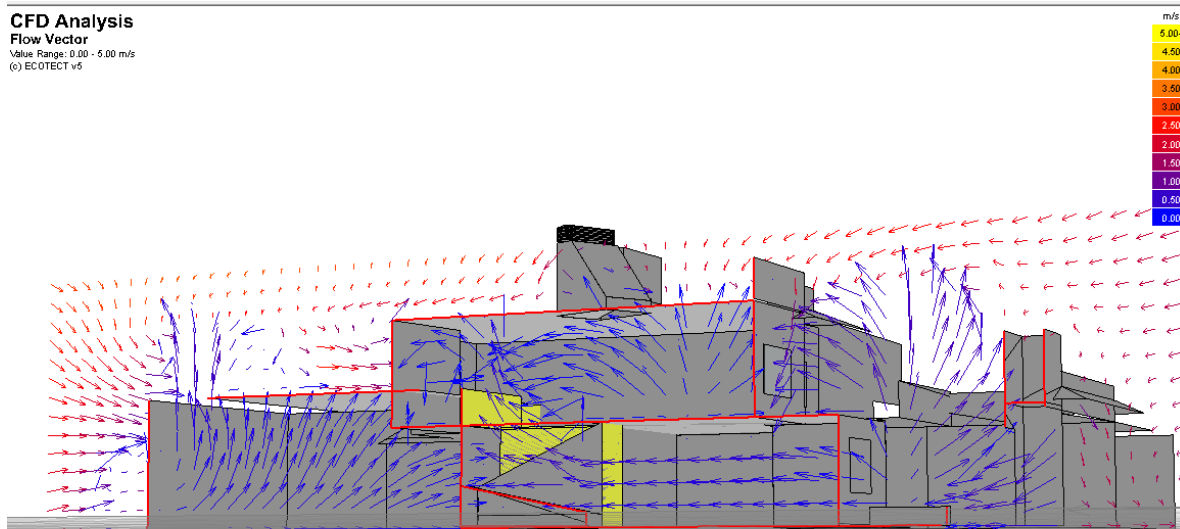


**Imagen A38.** Análisis de viento con ventanas en fachada sur cerradas.

Fuente: propia, utilizando Ecotect Analysis 2011

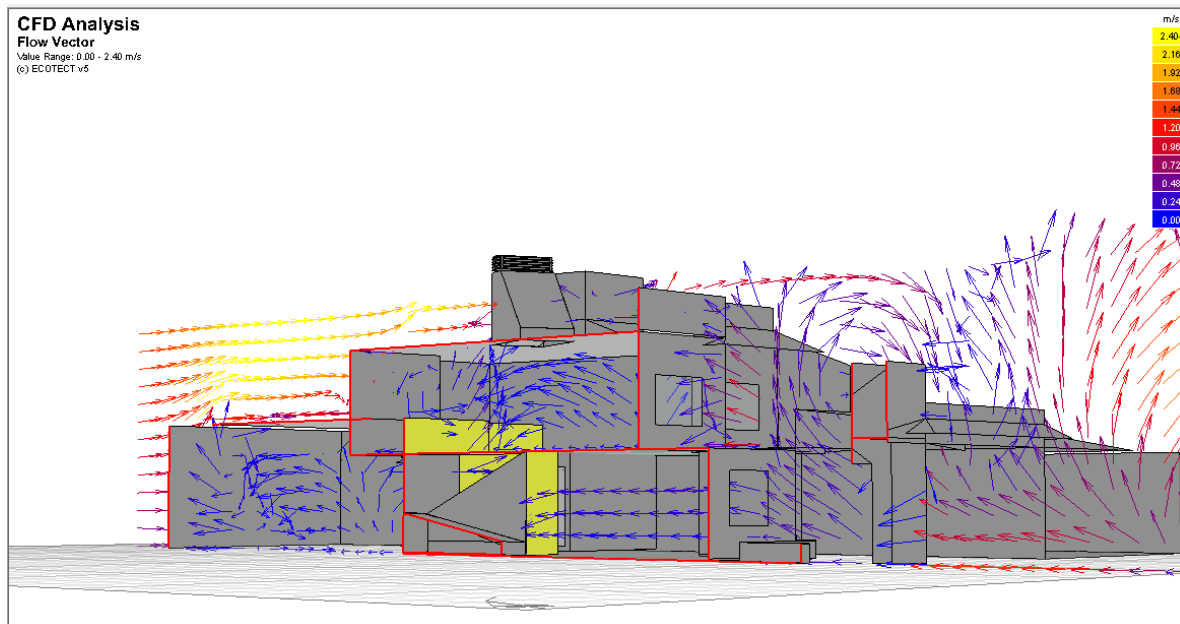
La imagen A38 contiene un análisis de viento donde se muestra un corte de la vivienda para apreciar la ventilación interior. La vivienda en la imagen se muestra desde el extremo noreste de la misma. Los vientos dominantes fueron proyectados desde el suroeste y es claramente notorio cómo no existe un movimiento de aire significativo dentro de la edificación debido a que las ventanas de la fachada sur se encuentran cerradas, por lo tanto, se tiene total quietud en cuestión de ventilación dentro de la edificación, sin embargo, la chimenea sigue trabajando bajo estas condiciones extrayendo el aire caliente de la vivienda, siendo imperceptible para los inquilinos en la cuestión de generación de corrientes de aire, pero totalmente perceptible en la cuestión térmica, en donde la temperatura interior de la casa desciende gracias a la acción de la chimenea.

La imagen A39 muestra a la vivienda desde el extremo sureste de la misma. Es notorio cómo el hecho de abrir una sola ventana tiene un impacto de ventilación en toda la casa, aunque para el desarrollo de este proyecto las corrientes de aire internas fluyen en sentido contrario al buscado, pues se busca que las corrientes de aire provengan desde el patio. **Es por lo anterior que una estrategia de ventilación artificial es requerida.**



**Imagen A39.** Vientos dominantes desde el suroeste con ventana suroeste de planta baja abierta.

Fuente: propia, utilizando Ecotect Analysis 2011



**Imagen A40.** Simulación de vientos dominantes provenientes del norte, con ventana sureste abierta.

Fuente: propia, utilizando Ecotect Analysis 2011

La imagen A40 muestra a la casa desde el mismo punto visual que la anterior (desde el sureste), sin embargo, los vientos dominantes fueron cambiados en la simulación para observar el comportamiento interno de las corrientes de aire de la casa cuando las condiciones climáticas externas fueran las que se pensaban ideales -por parte del autor de este trabajo y su tutor-, de este modo se analiza qué sucede si los vientos provienen desde la misma dirección de donde se encuentra el área naturada de la casa (donde se encuentra el microclima). Así, en lugar de que la casa reciba vientos provenientes del suroeste, como lo hace en la realidad, se cambiaron los vientos para que provengan desde el norte en la simulación. Una vez realizado el análisis, este expone que tampoco se tendría una ventilación natural favorable si los vientos proviniesen desde el norte, pues el elemento arquitectónico del frente de la casa hace que las corrientes de aire sean turbulentas y, al producirse un remolino de viento, el flujo de aire incide por la ventana sureste, en la dirección contraria a la buscada. Además, los vientos tampoco inciden en el patio de la casa, porque la barda está a una mayor altura que la malla sombra, y cruzan por encima sin ser significativos en la zona de generación microclimática.

Gracias a este estudio realizado se concluye que una ventilación artificial con dirección norte-sur es requerida para el óptimo desempeño de este proyecto.



## 4.6 Hallazgos aprovechables

### 4.6.1 Hallazgos preliminares

#### 4.6.1.1 Tipo de vegetación

Analizando las transcripciones de las entrevistas realizadas a los biólogos expertos José Saturnino Díaz y José Bojórquez Castro, se llega a las conclusiones siguientes: primeramente, las plantas que emanan mayor frescura al ambiente, Díaz las describe como las que son de ambientes riparios (zonas intermedias entre tierra y un río o arroyo), también plantas que utilizan a las corrientes de aire, la luz incidente y un cuerpo de agua, de tal manera que están acondicionadas de la manera mencionada, éstas presentan hojas pequeñas y alargadas, por las cuales circulan las corrientes de aire, y, además de brindar un ambiente térmico agradable, tienen potencial para ser utilizadas como plantas de ornato. Ambos expertos -Díaz y Bojórquez- hacen énfasis en que las plantas a utilizar deben ser del tipo *perenne* o *perennifolia*, es decir, que mantienen sus hojas durante todo el año, al contrario de las de tipo *caducifolia*, que pierden sus hojas en temporadas particulares del año, protegiéndose de la ausencia del agua en las estaciones del año sin lluvia, en sequías, etc. Por lo anterior, se puede deducir que este tipo de plantas (de tipo *perenne*) son consumidoras de agua permanentemente y no se les debe descuidar en propiciarles este elemento constantemente. Aunque Bojórquez se enfoca más a recomendar plantas de mayores dimensiones que propicien sombra a la superficie del patio, que a las que más transpiran, sí recomienda plantas de dimensiones pequeñas que se tengan en macetas, para que el agua no se escape y la planta pueda disponer del agua más tiempo, logrando refrescar más mediante su evapotranspiración. Díaz, debido a las dimensiones del espacio de producción microclimática del proyecto, recomienda: utilizar formas arbustivas de pequeña talla, no más allá de dos metros, ni de un ancho mayor al metro; utilizar plantas trepadoras o rastreras, y acondicionarlas para que éstas se distribuyan sobre paredes; finalmente, plantas herbáceas que puedan ser colocadas sobre macetas; y, si se tienen plantas que estarán en sombra, que sean de metabolismo fotosintético tipo “C<sub>3</sub>”, previendo que si existe ausencia de luz, esta condición no afecte sus procesos fotosintéticos.

Ambos expertos hacen énfasis en que las plantas deben tener aireación, pues, cuando el aire hace contacto con las hojas que transpiran, se genera un descenso térmico ambiental, un microclima con mayor frescura que el clima exterior circundante.

#### 4.6.1.2 Riego

Debido a que las plantas endémicas o regionales de Sinaloa, son plantas que están hechas a no recibir agua en 8 de los 12 meses, se protegen perdiendo el follaje durante ese tiempo, pero, comentan los biólogos expertos que si se les mantiene hidratadas pueden no perderlo, pues a las plantas se les puede hacer *sentir* que están en un ambiente en donde el agua y la humedad son abundantes, claro que para lograr que adopten este comportamiento se necesitan años de hidratación constante. Para esto, debido a que un riego mediante aspersión o manual conlleva mucho gasto de agua, ambos expertos recomiendan que se tenga un riego por goteo dosificado en el proyecto, un riego que dure aproximadamente media hora con gota que oscile entre una por minuto, utilizando un sistema de dosificación programable, también conocido como “timer”, de esa manera, se pueden satisfacer las necesidades de las plantas sin desperdiciar agua, cuidando en todo momento las necesidades hídricas particulares de las especies utilizadas, pues las especies regionales y endémicas de Sinaloa no requieren agua diariamente, sino cada tres o cuatro días, además de que un riego diario podría causar salitre en los pisos o paredes, así como pudriciones, hongos y/o enfermedades en las plantas, sobre todo en las que están en estado de latencia durante ocho meses al año.

#### 4.6.1.3 Precauciones y cuidados

Algunas de las precauciones que recomiendan se deben tomar se refieren a evitar utilizar especies tóxicas, pues éstas especies desarrollan metabolitos secundarios (sustancias que participan en distintos procesos de desarrollo de las plantas) que al estar en contacto con las personas pueden producir situaciones de urticaria, reacciones alérgicas, etcétera, también deben evitarse especies de tipo “camp”, pues tienden a desarrollar espinas. Otra de las precauciones que recomiendan se refiere a la poda, tanto de raíces como de ramas, y corte de botones para que las plantas no desarrollen frutos, pues estos madurarán, se pudrirán y facilitan la intromisión de insectos -como las moscas-, manteniendo a las plantas con una buena poda también se puede controlar que estas no crezcan disparadamente, produciendo un efecto “bonsái” que haga que se mantengan en dimensiones medianas con respecto a su morfología vegetal. Díaz recomienda mantener a las hojas libres de polvo, pues esto puede afectar la respiración propia de la planta provocándole el secado del follaje, así como no permitir, como ya se mencionó, la

entrada de insectos para evitar su oviposición, insectos como palomillas, mariposas, moscas y moscos, procurando también que no haya cacharros o macetas que almacenen agua y con eso evitar la reproducción de estos últimos.

#### **4.6.1.4 Fertilización**

En las cuestiones de fertilización ambos biólogos expertos la recomiendan. Bojórquez sugiere algunos fertilizantes, principalmente, uno llamado “Triple 17”, y menciona que también pueden ser utilizadas ureas y sulfatos de amonio, pues son productos comunes y hay plantas que los requieren debido a la acidez del suelo donde ellas viven, los fertilizantes deben tener un PH con un nivel de entre 5.6 o 6, lo que a veces se descontrola con tanta humedad y se vuelven más ácidos, las plantas deben tener un ambiente controlado en esos aspectos. Especifica que si se quiere tener plantas que estén sanas, habría que aplicarles potasio, si se quiere que produzcan hoja hay que aplicarle nitrógeno, si se quiere que estén sanas y que produzcan flores y frutos hay que aplicarles fósforo.

Por otro lado, Díaz recomienda un fertilizante de jardín llamado “Miracle grow”, que es una mezcla de fósforo, potasio y sodio básicamente, este debe ser aplicado en una proporción “de uno a tres”, es decir, una parte de fertilizante por tres de agua, de tal forma que se obtiene una sustancia muy nutritiva adecuada para la planta.

#### **4.6.1.5 Pesticidas**

Con respecto a la utilización de pesticidas en el proyecto, Bojórquez menciona algunos que pudieran ser utilizados solamente en caso de ser necesarios, y que muy posiblemente se necesiten para las plantas de sombra. Comenta que existen pesticidas de origen natural como: cáscaras de frutas de desperdicios -como la cáscara de naranja, cáscara de manzana, de cualquier fruta-, y con éstas se hace un proceso que genera un tipo de insecticida natural, pesticidas de origen químico y otros a base de jabones con hierbas aromáticas como: romero, albácar, menta, nicle, etc. Por otro lado, Díaz no los recomienda, siempre y cuando se tengan plantas cuyos metabolitos secundarios participen como repelentes de insectos como: moscas, mosquitos, cucarachas, etcétera. A estos, se le conoce como pesticidas orgánicos, este tipo de metabolitos se relacionan mucho a las plantas rutáceas –dentro de las mismas se encuentran los limones, las naranjas, y los cítricos en general-. Si no se tienen, dichos metabolitos se pueden

encontrar a la venta en el mercado, siendo de origen natural y su acción se dirige a insectos de manera *ex profeso* y no afectan al humano. Los metabolitos externos se asperjan, como los insecticidas, o bien, se pueden utilizar en forma de veladoras, estos a su vez, producen monóxido y bióxido de carbono que son aprovechados por las plantas de interior en sus procesos de fotosíntesis.







#### **4.6.1.6 Abono**

Los dos expertos entrevistados sugieren el uso de abono previo a la siembra de vegetación en el proyecto, abono de origen animal -es decir, heces de ganado (vacas, caprinos, quinos, etc.)- que puede ser molido, pulverizado, y después integrado al suelo en una proporción de “uno a uno” (un kilo de abono por cada kilo de tierra).

Bojórquez advierte que no se utilice abono vegetal, sobre todo si este es a base de hoja de Olivo Negro, Ficus o Eucalipto, pues a veces estos contienen bacterias que son muy drásticas hacia las plantas que se planten en este sustrato, recomienda, en cambio, la utilización de lombricomposta para la generación de abonos.

#### 4.6.1.7 Especies vegetales recomendadas

- Especies regionales recomendadas por el Dr. En Biotecnología José Saturnino Díaz

<p><b>Ficus SP</b></p>  <p>Imagen B017</p>	<p><b>“Guamúchil” (<i>Pithecellobium dulce</i>)</b></p>  <p>Imagen B04</p>
<p><b><u>Guazuma</u> <u>Ulmifolia</u></b></p>  <p>Imagen B02</p>	<p>Fruto de <b>“Guamúchil”</b></p>  <p>Imagen B05</p>
<p>(Tipo de hoja de <b>Guazuma</b> <b>Ulmifolia</b>)</p>  <p>Imagen B03</p>	<p><b>Ipomea</b> (existen varias especies de trepadoras dentro de este género)</p>  <p>Imagen B06</p>

7 Por cuestiones de estética y espacio, las fuentes de esta sección se citan sólo en el índice de imágenes.



**Cresa** (hay distintas especies del tipo *crasas* en trepadoras)



Imagen B07

**Subespecie Dimorfa**



Imagen B10

**Pópulus Mexicana**

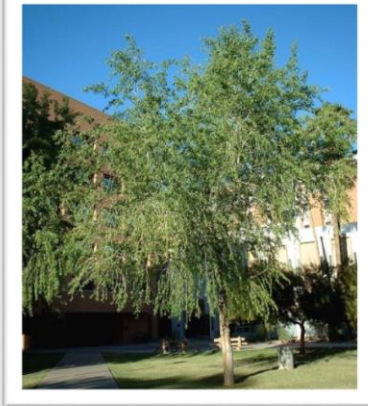


Imagen B08

**“Ahuehuete”** (*Taxodium Mucronatum*)



Imagen B11

**Salix Nigra**









Imagen B09

**“Álamo”** (*Populusdimorpha*)



Imagen B12

- **Especies arbustivas y herbáceas autóctonas de Sinaloa**  
recomendadas por José Saturnino Díaz

<p>FAMILIA: CONVULVULACEAE  <b>“San Miguel”</b> - <i>Ipomoea purpurea</i></p>  <p>Imagen C01<sup>8</sup></p>	<p>FAMILIA: CONVULVULACEAE  <b>“Chuparroso”</b> <i>Quamoclit pinnata</i></p>  <p>Imagen C04</p>
<p>FAMILIA: CONVULVULACEAE  <b>“Manto”</b> - <i>Ipomoea alba</i></p>  <p>Imagen C02</p>	<p>FAMILIA: POLYGONACEAE  <b>“Coronita”</b> – <i>Antigonum leptopus</i></p>  <p>Imagen C05</p>
<p>FAMILIA: CONVULVULACEAE  <b>“Jícama de monte”</b> <i>Ipomoea bracteata</i></p>  <p>Imagen C03</p>	<p>FAMILIA: ARACEAE  <b>“Coloma”</b> - <i>Philodendron warscewiczii</i></p>  <p>Imagen C06</p>

<sup>8</sup> Por cuestiones de estética y distribución, las fuentes de esta sección se citan sólo en el índice de imágenes.



FAMILIA: ARACEAE  
“**Coloma**” – *Syngonium neglectum*



Imagen C07

FAMILIA: ACANTHACEAE  
“**Micle**” – *Jacobinia spicigera*



Imagen C10

FAMILIA: ARACEAE  
“**Mafafa**” *Xanthosomahoffmannii*



Imagen C08

FAMILIA: ARALIACEAE  
*Aralia humilis*



Imagen C11

FAMILIA: MARANTACEAE  
*Calatheaovadensis*

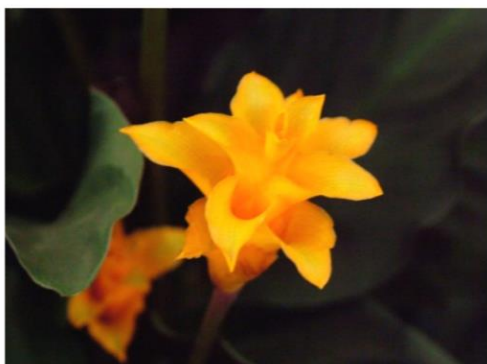


Imagen C09

FAMILIA: GESNERIACEAE  
“**Gesneria**” *Achimenes antirrhina*



Imagen C12

FAMILIA: GESNERIACEAE  
“**Gesneria**” *Achimenes mexicana*



Imagen C13

FAMILIA: MORACEAE  
“**Gallito**” – *Dorstenia drakena*



Imagen C16

FAMILIA: LAMIACEAE  
“**Salvia**” - *Salvia hispanica*



Imagen C14

FAMILIA: BROMELIACEAE  
“**Heno**” - *Tillandsia usneoides*



Imagen C17

FAMILIA: LAMIACEAE  
“**Salvia**” – *Salvia lavanduloides*



Imagen C15

FAMILIA: BROMELIACEAE  
“**Gallito**” *Tillandsia caput-medusae*



Imagen C18



FAMILIA: ORCHIDACEAE  
“**Cebolleta**” (Orquídea) *Oncidium*  
*cebolleta*



Imagen C19

FAMILIA: OXALIDACEAE  
“**Trebolillo**” *Oxalis berlandieri*



Imagen C22

FAMILIA: ORCHIDACEAE  
*Bletia rosea*



Imagen C20

FAMILIA: PLANTAGINACEAE  
“**Plantago**” - *Plantago australis*



Imagen C23

FAMILIA: NYCTAGINACEAE  
“**Mirabilis**” *Mirabilis longiflora*



Imagen C21

FAMILIA: PORTULACACEAE  
*Talinum paniculatum*



Imagen C24

FAMILIA: EUPHORBIACEAE  
**“Crotos”** – *Codiaeum variegatum*



Imagen C25

FAMILIA: COMMELINACEAE  
**“Sin vergüenza”, “Zebras”** – *Zebrina pendula Tradescantia purpurea*



Imagen C28

FAMILIA: ARACEAE  
**“Teléfono”** – *Epipremnum aureum*



Imagen C26.

FAMILIA: ARACEAE  
**“Mafafa”, “Hoja elegante”** – *Xanthosoma robustum*



Imagen C29

FAMILIA: LOMARIOPSIDACEAE  
**“Helecho de Boston”** – *Nephrolepis exaltata*



Imagen C27

FAMILIA: ARECACEAE  
**“Licualas”** – *Licuala grandis*



Imagen C30



FAMILIA: ARECACEAE  
"Palma Kerpis" - *Adonidia merrillii*



Imagen C31.

FAMILIA: ARACEAE  
"Costilla de Adán" o "Piñanona" –  
*Monstera deliciosa*



Imagen C34

FAMILIA: ARECACEAE  
"Palma Areca" - *Chrysalidocarpus*  
*lutescens*





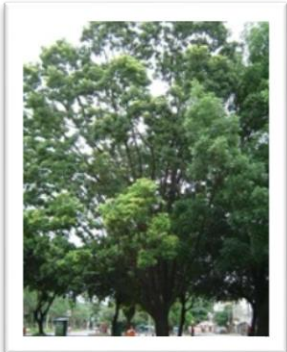



Imagen C32

FAMILIA: ACANTHACEAE  
"Acanto" – *Acanthus mollis*



Imagen C33

- **Especies endémicas y regionales recomendadas por el Mtro. Biólogo José Gerardo Bojórquez Castro**

<p><b>“Ayale”</b> (<i>CrescentiaAlata</i>)</p>  <p>Imagen D01<sup>9</sup></p>	<p><b>Amapa Rosa</b> (<i>Tabebuia rosea</i>)</p>  <p>Imagen D04</p>
<p><b>“Venadillo”</b> (<i>Swieteniahumilis</i>)</p>  <p>Imagen D02</p>	<p><b>Amapa Amarilla</b></p>  <p>Imagen D05</p>
<p><b>“Periquillo”</b> (<i>Thouinidium Decandrum</i>)</p>  <p>Imagen D03</p>	<p><b>“Papache picudo”</b> (<i>Randia echinocarpa</i>)</p>  <p>Imagen D06</p>

<sup>9</sup> Por cuestiones de estética y distribución, las fuentes de esta sección se citan sólo en el índice de imágenes.



**Palo verde**



**Imagen D07**

**Fruto de Pingüica**



**Imagen D10**

**“Ocotillo”**



**Imagen D08**

**Neem (*Azadirachta indica*)**



**Imagen D11**

**Pingüica (*Heredia Trifolia*)**



**Imagen D09**

**“Gmelina” (*Gmelina Arbórea*)**



**Imagen D12**

**“Olivo negro”** (*Bucida buceras*)



Imagen D13

**“Guanacaste”** (*Enterolobium cyclocarpum*)



Imagen D16

**“Lengua de mujer”** (*Mimosaceae Albizia Lebbeck*)



Imagen D14

**“Mauto”**



Imagen D17

Hoja de “Lengua de mujer”



Imagen D15

**“Guamúchil”** (*Pithecellobium dulce*)



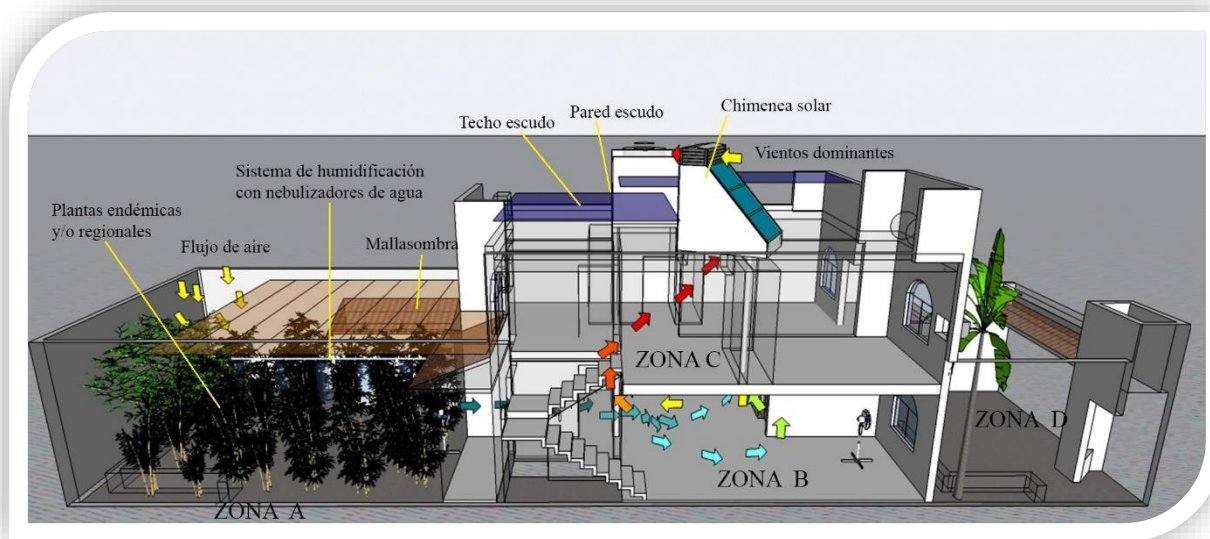
Imagen D18



## 4.7 Diseño aplicativo de la solución

### 4.7.1 Estrategia general

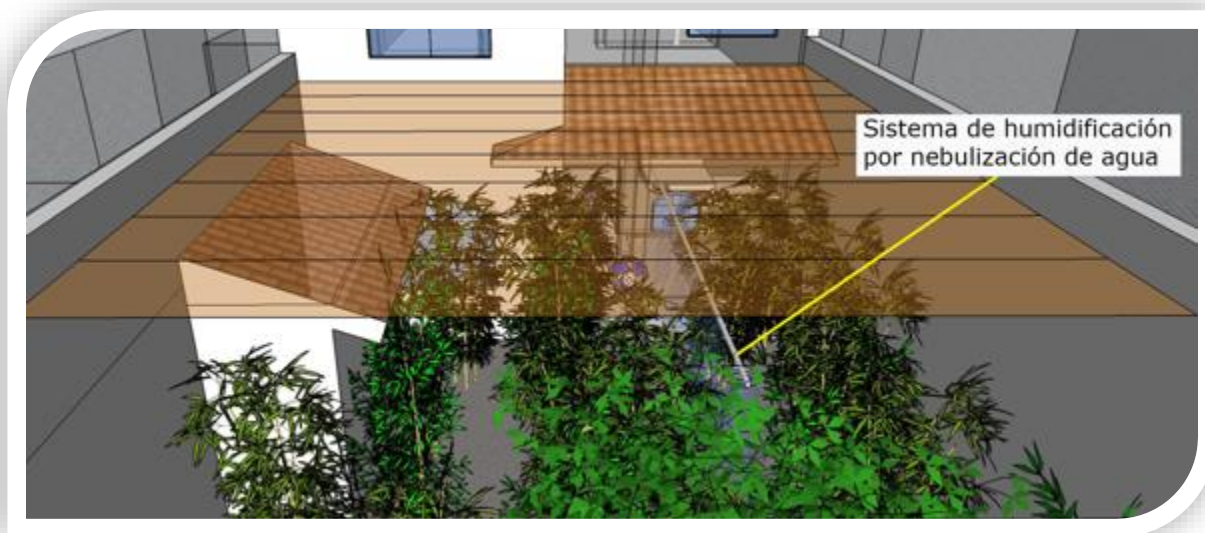
La siguiente imagen muestra todos los componentes y la zonificación que el sistema implementado en este proyecto utilizó en sus fases de experimentación y medición:



**Imagen E01:** Zonificación. Fuente: propia

Para explicar el funcionamiento integral del Sistema Experimental de Acondicionamiento Térmico Mediante Manejo Microclimático, se explica la estrategia utilizada, esta comienza desde la Zona “A”, aquí se lleva a cabo un tratamiento vegetativo utilizando especies regionales y/o endémicas que tienen efectos pronunciados de disminución térmica mediante un efecto secundario de la evapotranspiración llamado *enfriamiento evaporativo* con la intención de generar y mantener un microclima dentro del espacio del patio de la casa, para esto se tiene una malla sombra retráctil, que propicia sombra, pero esta no cubre la totalidad del espacio contenido entre las cuatro paredes limitantes, sino que estará contenida dentro del espacio dejando abierta la colindancia entre la malla y la pared norte, y de ese modo permite el ingreso del aire externo a que sea tratado por la vegetación, creando un efecto “oasis”.

La posibilidad de la malla retráctil tiene dos motivos principales: primeramente, permite realizar mediciones higrotérmicas en donde se note su influencia o su ausencia sobre la medida tomada; y, en segundo lugar, es un dispositivo que puede ser utilizado o no, según la conveniencia del huésped, pues en una noche fresca o en condiciones de lluvia será preferible que sea retraída.



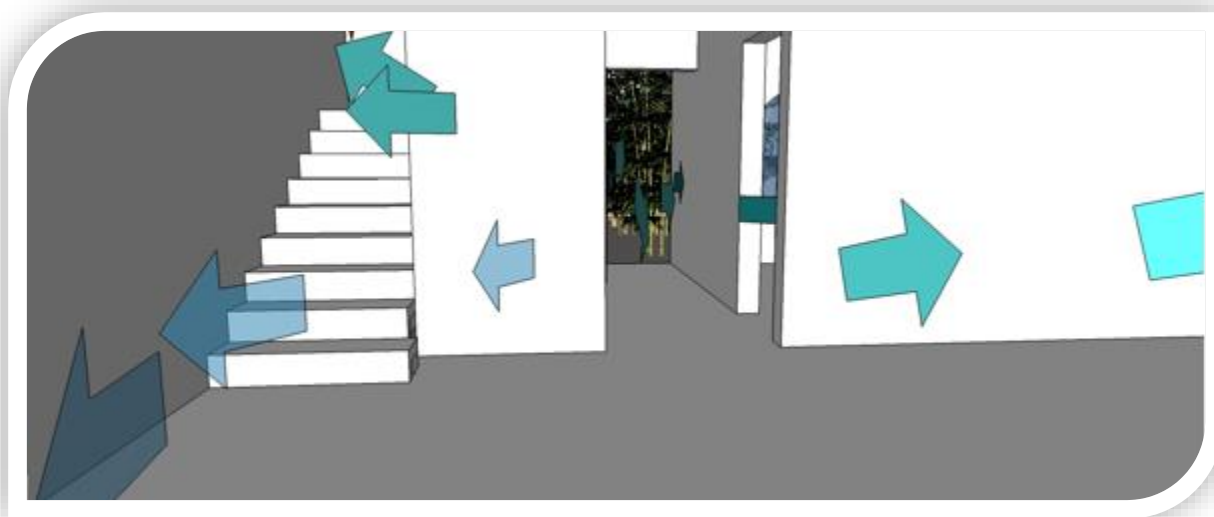
**Imagen E02:** Sistema de nebulización. Fuente: propia

Como se muestra en la imagen, un complemento utilizado es un sistema de humidificación por nebulización de agua en la etapa cálido seca de la ciudad. Este sistema es similar a un sistema de aspersión, pero en lugar de producir gotas de agua, este ofrece brisa que humidifica el aire circundante que colabora en la generación microclimática y descenso térmico cuando hay ausencia de humedad ambiental.

Este sistema de brisa es similar a los utilizados dentro de los cultivos de invernadero, y se consigue fácilmente en tiendas de accesorios para hogar, pues se empiezan a utilizar en los ventiladores. Se conectan a la llave del agua, esta, a su vez, recorre los tubos y se difumina creando brisa al llegar a los cinco dispositivos de nebulización. Su instalación es bastante sencilla: primeramente, se tira un alambre

tensado a lo largo de la trayectoria que llevará el sistema de nebulización; después, este sistema se puede adherir mediante sujetadores de plástico o similares; finalmente, debe ser conectado a una toma de agua, pudiendo tener como interfaz a un “timer” que sea programado para que el sistema sea automatizado.

Por su precio y fácil acceso en el mercado se optó por este sistema y no por una fuente ornamental de agua en el centro del patio, pues, aunque ambos tendrían el mismo efecto humificador, los costos, tanto de compra como de instalación, son antagónicos.



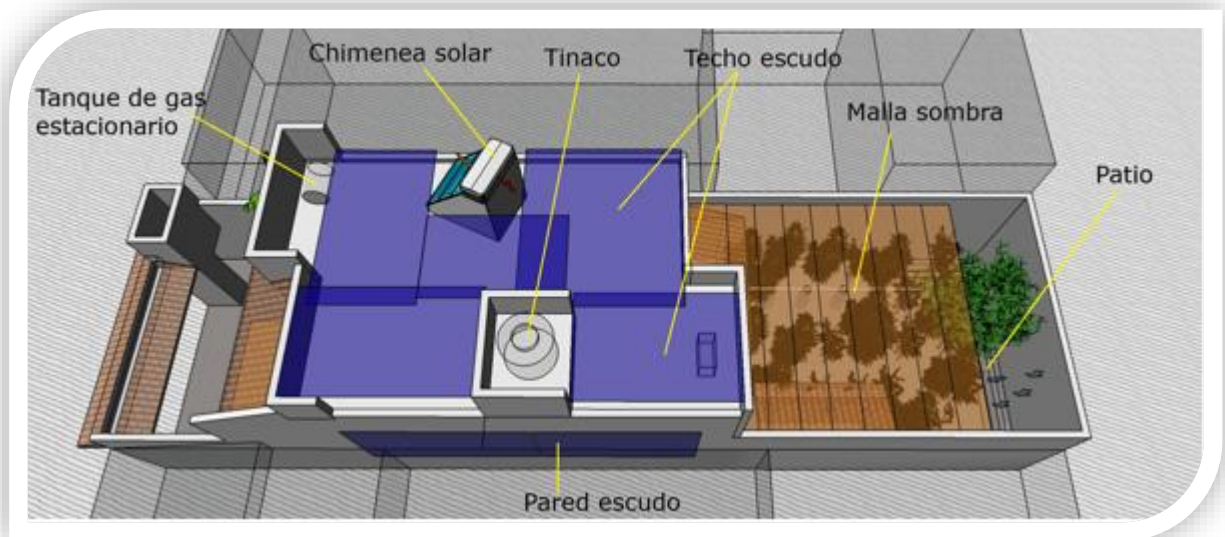
**Imagen E03:** Acceso de aspiración microclimática desde Zona A hacia Zona B.

Fuente: propia

Una vez generado el microclima, éste se conduce hacia la zona “B” (recordemos la primera imagen) mediante dos accesos de aspiración: la puerta que da al patio y la ventana de la habitación estudio localizada al sureste del patio.

Cuando el aire fresco proveniente del patio climatiza el interior de la vivienda en la planta baja, este, por la actividad humana y la misma inercia térmica de los materiales constructivos de la casa tiende a calentarse y a subir (mediante convección térmica), una vez arriba, el aire calentado pasa hacia la planta alta

donde se expulsa pasivamente mediante la chimenea solar colocada en la azotea, realizando una convección forzada y permitiendo que el sistema sea cíclico.



**Imagen E04:** Estrategia de azotea. Fuente: propia

Finalmente, encima de la Zona “C” (azotea) es aplicada una estrategia mediante lonas que fungirán como *techo escudo*, con la intención de que proporcionen una barrera térmica creando un “*colchón de aire*”, de tal manera que favorezca a que los materiales de la casa tengan menor conductividad térmica que a su vez incide en su inercia térmica, permitiendo que el microclima circundante interior proveniente del patio, tenga mayor permanencia en el interior de la vivienda, generando *confort térmico* a sus huéspedes por un tiempo más prolongado.



#### 4.7.2 Evapotranspiración y generación microclimática

El proceso de evapotranspiración es el factor de retroalimentación significativa en el calentamiento global y atrae el interés particular de la comunidad científica de la ecología y los cambios globales. La evapotranspiración potencial es el límite superior teórico de la evapotranspiración real y es también la base de la estimación de la evapotranspiración (Zhang, 2013: 1). Debido a que, en las cuestiones de la eficiencia en el uso del agua, a lo largo del tiempo el establecimiento de la evapotranspiración real, evapotranspiración de referencia, evapotranspiración potencial, y otros coeficientes relacionados han sido sumamente complicados de calcularse (Dutta *et al.*, 2016; Skaggs *et al.*, 2012; Wieser, 2009; Sánchez Toribio, 2005) ya sea por factores prácticos, teóricos o económicos. (Sánchez Toribio *et al.*, *op. cit.*: 190) y, realmente, los intentos de medición de la evapotranspiración a lo largo de los años siguen sin poder ser exactos, sino solamente aproximados (Qiang *et al.*, 2016; Zhang, 2013; Nouri *et al.*, 2013; Boumaraf *et al.*, 2012; Pereyra *et al.*, 2011; Mundo-Molina, 2009; Oliver, 2005; Akbari, 2001; Clark *et al.*, 1998), debido a una ausencia de estandarización metodológica de estimación o normalización donde se logre una sola fórmula para calcularla, y esto llega a tener semejante complejidad debido a que existen muchos factores que alteran a este proceso, entre los más importantes están: la radiación solar; la superficie de los cuerpos de agua abiertos; velocidad del viento; densidad y tipo de cubierta vegetal; la disponibilidad de humedad del suelo; profundidad de las raíces; las características de la superficie terrestre reflectantes; y, la estación del año (Hanson *et al.*, 1991). Lo anterior trata sobre medir la evapotranspiración de un cultivo en específico. Cuando se habla sobre medir la evapotranspiración de plantas de jardín o de ornato, teniendo distintas especies compartiendo el mismo espacio, resulta imposible de medir y de deducir el coeficiente de cultivo de cada especie, tendría que ser propuesto un coeficiente global para las especies de la zona (Clark *et al.*, *op. cit.* 117-118).

Es por lo mencionado en el párrafo anterior que aunque uno de los puntos de mayor importancia en este proyecto esta intrínsecamente relacionado a la evapotranspiración de las plantas del patio, ésta no es calculada, pues el proyecto

consiste en la bioclimatización de una vivienda, y la aproximación a la zona de *confort térmico*, intentando mitigar al *estrés térmico*, por lo que el experimento a este sistema sólo medirá cuestiones de *confort térmico*, es decir, temperatura (°C) y humedad relativa (% HR) y los efectos en las sensaciones de los huéspedes de dicha vivienda, cualitativamente, y exponiendo todos los datos numéricos referidos al sistema en funcionamiento, cuantitativamente.

### **4.7.3 Barreras de contención microclimática**

El hecho de que las bardas de la casa sean altas tiene varias ventajas: primeramente, crean una barrera contra los vientos que podrían incidir en el microclima, quitándole esa propiedad, pues cuando el área vegetal es chica comparada con una turbulencia de aire caliente que proviene del medio urbano, la reducción térmica que ésta genera puede resultar insignificante (Boumaraf, 2012: 250); por otro lado, la altura de la barda (4 metros), permite que la malla sea colocada a esta altura, y la influencia de la conductividad térmica del material de la malla se encuentre relativamente alejada del microclima debajo, incidiendo en éste en menor medida que si se encontrara a menor altura.

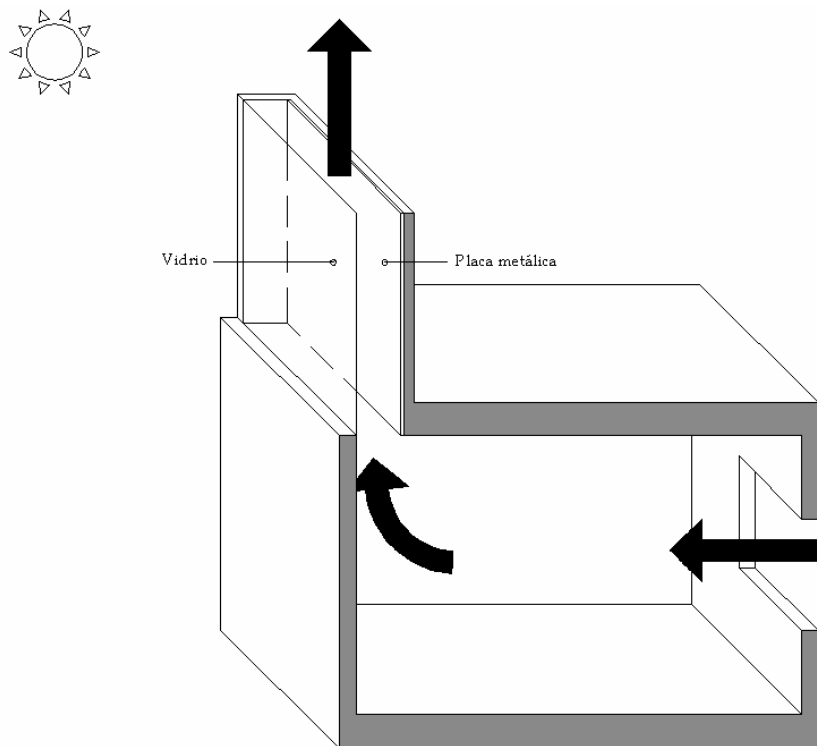
Ambas estrategias son consideradas una barrera de contención microclimática, pues permiten que el microclima generado tenga las condiciones que lo hagan ser lo más fresco posible, bloqueando así, como ya se mencionó, a los vientos y la mayor cantidad de radiación solar.

#### **4.7.4 Chimenea solar**

##### **4.7.4.1 Definición y diseño**

Una chimenea solar es un sistema pasivo y a la vez un elemento arquitectónico agregado o integrado en el diseño del inmueble encargado de realizar un movimiento de flujo de aire utilizando a la radiación solar como motor. Fundamentalmente es un conducto vertical y hueco por donde fluye aire proveniente desde el interior del inmueble, este ducto tiene una zona que es de cristal o algún material translúcido para permitir la incidencia de la radiación solar, generalmente la radiación solar calienta una zona del ducto de la chimenea que puede ser metálico o de algún material sólido de alta densidad y comúnmente pintado de negro mate.

Se pueden crear tres efectos mediante dos modalidades en una chimenea solar: ventilación y enfriamiento simultáneos -que se producen mediante la misma metodología de funcionamiento- y calentamiento -que se produce por una metodología distinta-. Dependiendo de cuál sea el efecto buscado se realiza el diseño de la chimenea, este mediante cualquiera de los dos funcionamientos sea el necesitado, tiene una variedad de diseños muy distintos, pero siempre utilizando las dos metodologías fundamentales, de calentamiento o enfriamiento y ventilación.

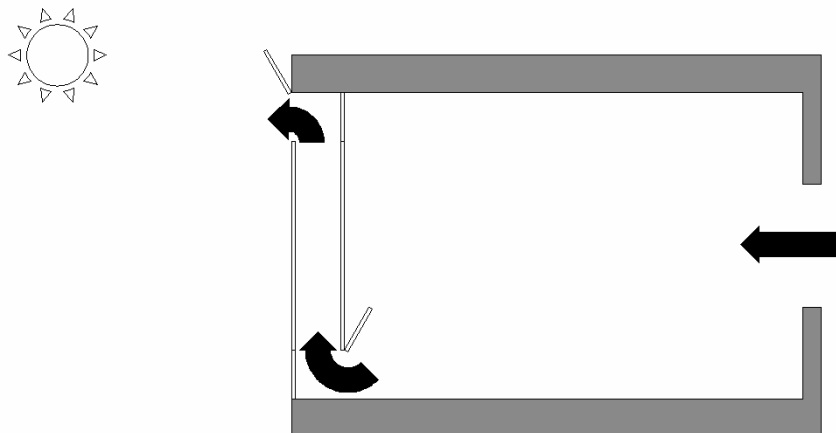


**Imagen E05.** Chimenea solar ubicada en el techo, utilizada para ventilación y enfriamiento.

Fuente: (Sánchez González, 2008: 8)

En una chimenea para ventilación y refrigeración, el calentamiento del aire en el ducto de la chimenea crea una diferencia de presión, y mediante simple convección, la utilización de la ventilación cruzada, y la utilización de los vientos dominantes se provoca una expulsión del aire de mayor temperatura dentro del inmueble, permitiendo que aire de menor temperatura acceda al inmueble mediante los vanos disponibles en el mismo, logrando una ventilación constante y así una disminución térmica general, misma que es dependiente de las condiciones climáticas externas al inmueble.

Es frecuente que las chimeneas sean parte del diseño integral de un inmueble, ubicándolas en la fachada sur de un inmueble como se muestra en la siguiente imagen:

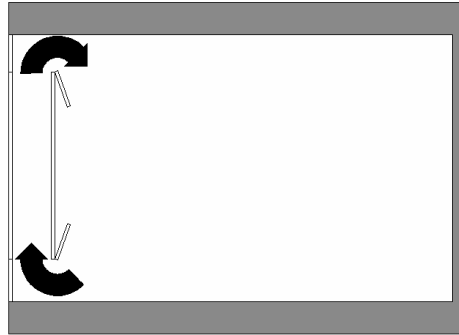


**Imagen E06.** Chimenea solar ubicada en fachada sur, utilizada para ventilación y enfriamiento. Fuente: (*ibíd.*, 9)

La chimenea utilizada para refrigeración y ventilación no sólo funciona de día, sino también de noche realizando el mismo efecto. Aquí, manteniéndose los orificios o vanos abiertos tanto en la chimenea como en el inmueble, la placa que recibe la radiación durante el día se enfría y emite su radiación hacia el cielo. Esto enfría al aire circundante que entra en contacto con ella, la densidad del aire aumenta y circula hacia el interior del inmueble mediante la chimenea solar (*ibíd.*, 89), por supuesto influye qué tan fría sea la temperatura externa en la noche del lugar donde esté ubicado el inmueble que contiene a la chimenea.

En una chimenea hecha para calentamiento se utiliza el mismo procedimiento de calentamiento de aire interior del ducto de la chimenea, la diferencia en la modalidad de funcionamiento la marca el hecho de que la chimenea no tiene una salida de aire, por lo que el aire calentado permanece en el inmueble aumentando su temperatura. Se explica gráficamente en la imagen E07, a continuación:





**Imagen E07.** Chimenea solar ubicada en fachada sur, utilizada para calentamiento.

Fuente: (*ibíd.*, 9)

Una chimenea solar necesita ser dimensionada para el inmueble en específico en donde será aplicada, para así tener un funcionamiento óptimo: para esto existen distintas fórmulas que permiten realizar los cálculos necesarios: cálculo del flujo de aire a calentar dentro de la chimenea, cálculo sobre la proporción de la chimenea, cálculo sobre la relación entre el volumen de aire del inmueble y el volumen de aire que se calienta, entre otros cálculos para los cuales es necesario tener conocimientos de termodinámica y con ellos lograr la interpretación de las fórmulas pertinentes para cada dimensionamiento.

Una chimenea solar debe tener los siguientes componentes básicos (León, 2013: 3-5)

#### 1 Acristalamiento

Tiene como función permitir el paso a la radiación proveniente del sol y no dejar escapar al calor generado mediante disipación.

#### 2 Receptor

Se refiere a la superficie interna de la chimenea. Su función es capturar la mayor cantidad de radiación solar y transformarla en calor, convirtiéndose en un acumulador de energía térmica. Se recomienda una masa muy pesada para retardar el enfriamiento interior de la chimenea mientras llega el periodo nocturno frío y, sobre todo, con ausencia de radiación solar.

### 3 Aislamiento

El aislamiento conforma una envolvente térmica y es utilizada en la parte externa de los cerramientos de la chimenea con el propósito de cumplir dos objetivos: una barrera que ofrece mayor resistencia al flujo de calor hacia el exterior, conservando la mayor cantidad de calor en el interior de la chimenea; y, por último, la misma resistencia que evita que el flujo de calor se transmita hacia el interior del inmueble, pues este sólo provee un servicio de ventilación.

### 4 Tiro de la chimenea

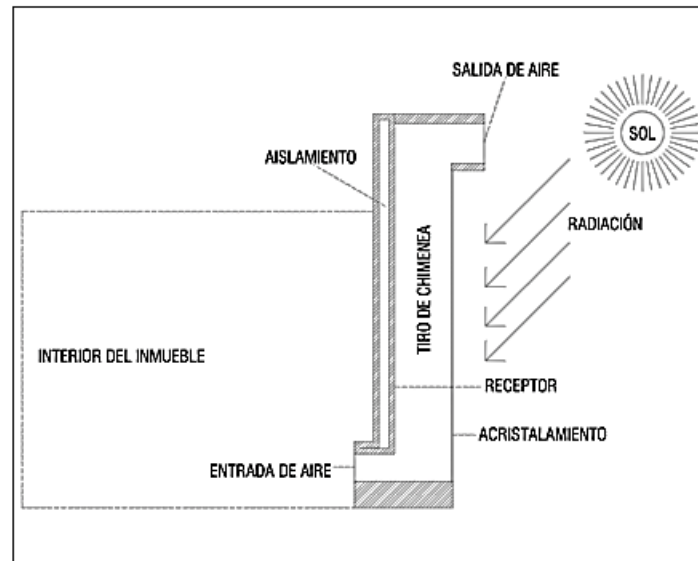
Se refiere a la zona central que abarca todo el conducto por donde cruza el flujo del aire, compuesto por las superficies receptoras y la superficie acristalada. Sus características son la esbeltez, estanqueidad y geometría rectangular. Destacando que entre mayor sea la esbeltez, mayor será la diferencia de altura entre sus aberturas y por consecuencia mayor será la diferencia de presiones. La estanqueidad es necesaria para evitar la infiltración o escape de fluidos y esto afecte el flujo de aire provocado.

### 5 Salida de aire

Ubicada siempre en el extremo superior de la chimenea solar, se encarga de ser el punto final de salida en el proceso que sigue el flujo de aire calentado por la chimenea, este puede tener distintos diseños, pero al final tiene el mismo funcionamiento.

## 6 Entrada de aire

Este es el punto de inicio del conducto por donde se introduce el aire que es absorbido por la chimenea y este fluye por el tiro de la chimenea y termina en la sección de salida de la chimenea



**Imagen E08.** Componentes de una chimenea solar, mostradas en corte. Fuente: propia

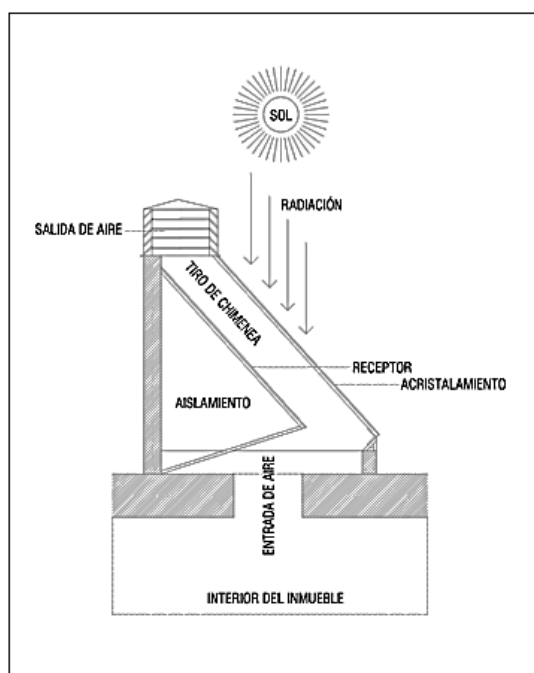
En el corte anterior (imagen E08) se muestra una chimenea solar y sus componentes, la chimenea que se muestra es la chimenea convencional que se tiene en la fachada de un inmueble, aprovechando la luz solar. Es importante aclarar que este tipo de chimeneas (verticales) no son totalmente efectivas cuando la máxima altura solar de la estación del año y los días más cálidos del año coinciden en un mismo período, pues al sumar la latitud del lugar más la inclinación del eje de rotación terrestre los grados de recorrido solar pueden tener un ángulo muy cercano o mayor a  $90^\circ$ , de esta manera la radiación solar tiene una inclinación muy pronunciada y el receptor no puede contar con la mayor cantidad de radiación posible al día.

En los estudios sobre las chimeneas se pide que siempre el acristalamiento esté orientado hacia el sur, pero esto es correcto sólo para las que se proyectan en el hemisferio norte terrestre, pues cuando se tienen chimeneas solares construidas en el hemisferio sur, entonces el acristalamiento debe de ir orientado hacia el norte.

Por lo anterior, es muy importante entender que las chimeneas solares funcionan y se diseñan dependiendo del análisis climatológico y del análisis de geometría solar de cada lugar donde se piense implementar, pues, en caso de no hacerlo, se podría tener una ineficiencia en el funcionamiento de la misma en los días más cálidos del año al no tener incidencia de radiación solar en el receptor de la chimenea.

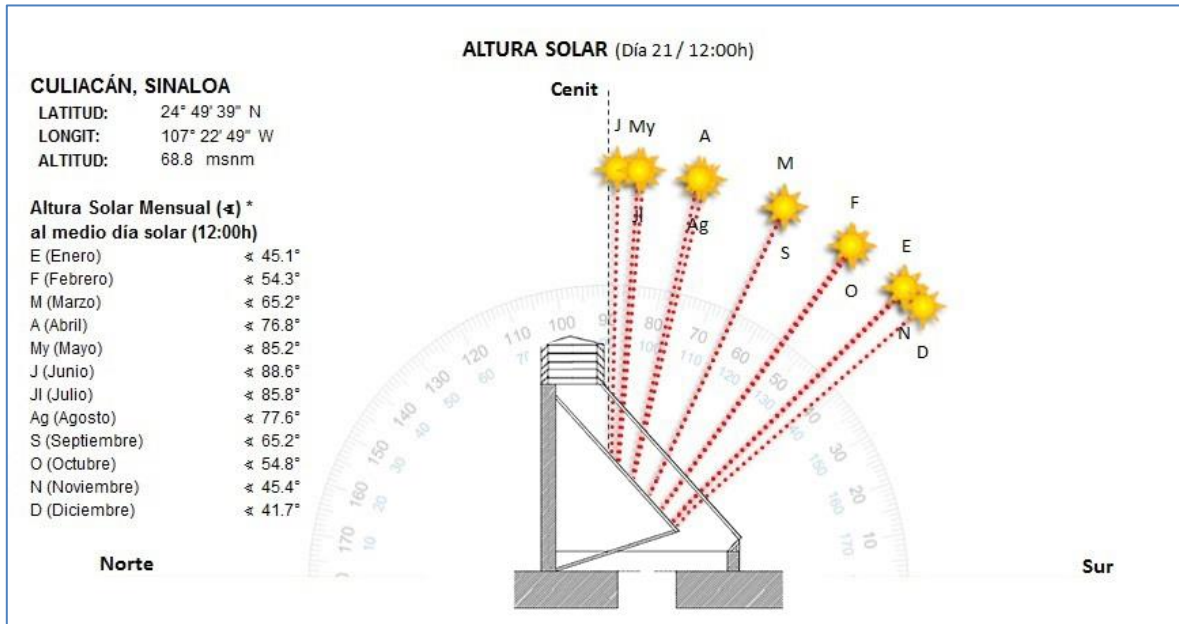
En el caso de este proyecto, teniendo una latitud muy cercana al trópico de Cáncer (150-200 km de distancia) se tiene al sol en verano casi en el cenit, y cuando la época más cálida se tiene al sol en la parte más *alta* (en cuestión de grados de inclinación respecto a la horizontal), una chimenea convencional vertical no sería completamente eficiente en esta localidad, porque la incidencia solar sería paralela al receptor de la chimenea, estando este último en sombra.

Una vez realizado el estudio solar del lugar (consultar el análisis de geometría solar en el apartado 4.3) se realizó un diseño de chimenea solar que tuviera las mismas componentes que la convencional, pero con una inclinación de  $45^\circ$  para aprovechar la mayor cantidad de radiación solar sin importar la estación del año ni la inclinación solar. Resultando el siguiente diseño:



**Imagen E09.** Chimenea solar con inclinación a  $45^\circ$ . Fuente: propia

En la siguiente imagen se explica la captación de la chimenea solar diseñada con respecto al estudio de la geometría solar en Culiacán:



**Imagen E10.** Chimenea solar proyectada conforme a la geometría solar de Culiacán. Fuente: propia

La chimenea utilizada en este proyecto fue diseñada, dimensionada, proyectada y construida por el autor de este trabajo utilizando la asesoría de los profesores Antonio Penagos Arenas y Francisco Álvarez Partida, así como la de los ingenieros Soberanes Lugo (Heriberto y Eduardo).

Se recomiendan las siguientes tres tesis para el entendimiento y proyección de chimeneas solares: primeramente y sin orden de importancia, la del autor Alberto Sánchez González llamada "*Estudio mediante simulación numérica de chimeneas solares para ventilación, refrigeración y calefacción*", presentada en el año 2008 dentro del Departamento de Ingeniería Térmica y de Fluido, de la Universidad Carlos III de Madrid Escuela Politécnica Superior, en Leganés, España; continuando con la del autor Juan Carlos León Vázquez llamada "*Parámetros de diseño de la chimenea solar*", presentada en el año 2013 para la Universidad Politécnica de Cataluña, en Barcelona, España; finalmente, la del autor Elías Páez Ortega, llamada "*Análisis de Solar Chimney Design*", presentada en el año 2011 para la NTNU

(Norwegian University of Science and Technology) en su Departamento de energía y Procesos de Ingeniería, en Noruega.

En la siguiente imagen se muestra la chimenea solar que se implementó en este proyecto, totalmente terminada y en funcionamiento:



**Imagen H20** – Chimenea solar finalizada. Fuente: propia



#### 4.7.4.2 Planos constructivos de chimenea solar

Para la construcción de la chimenea fueron necesarios planos constructivos, éstos son mostrados a continuación:

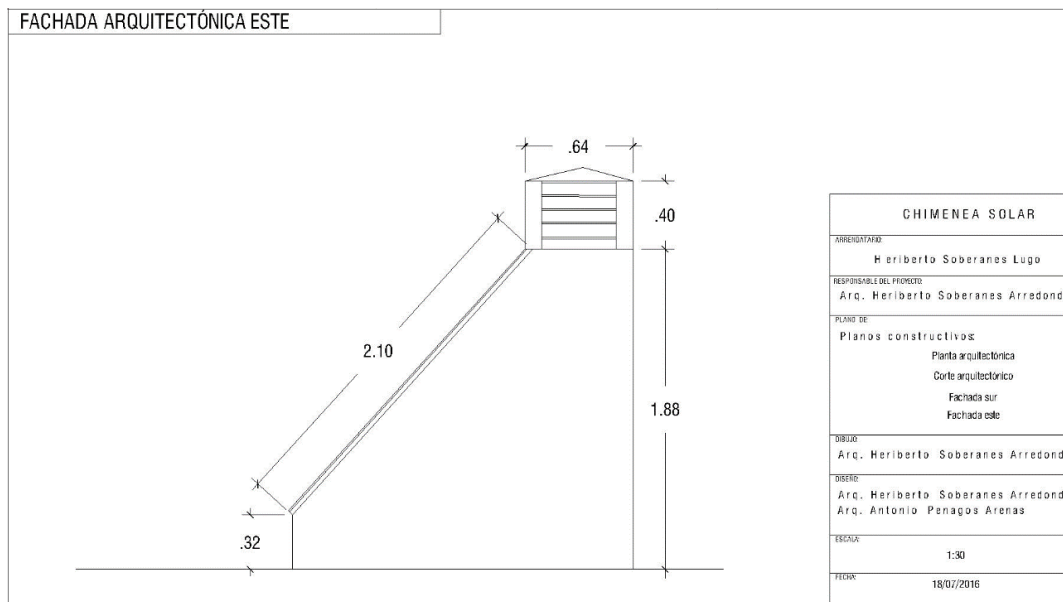


Imagen E11. Plano de fachada arquitectónica este de chimenea solar. Fuente: propia

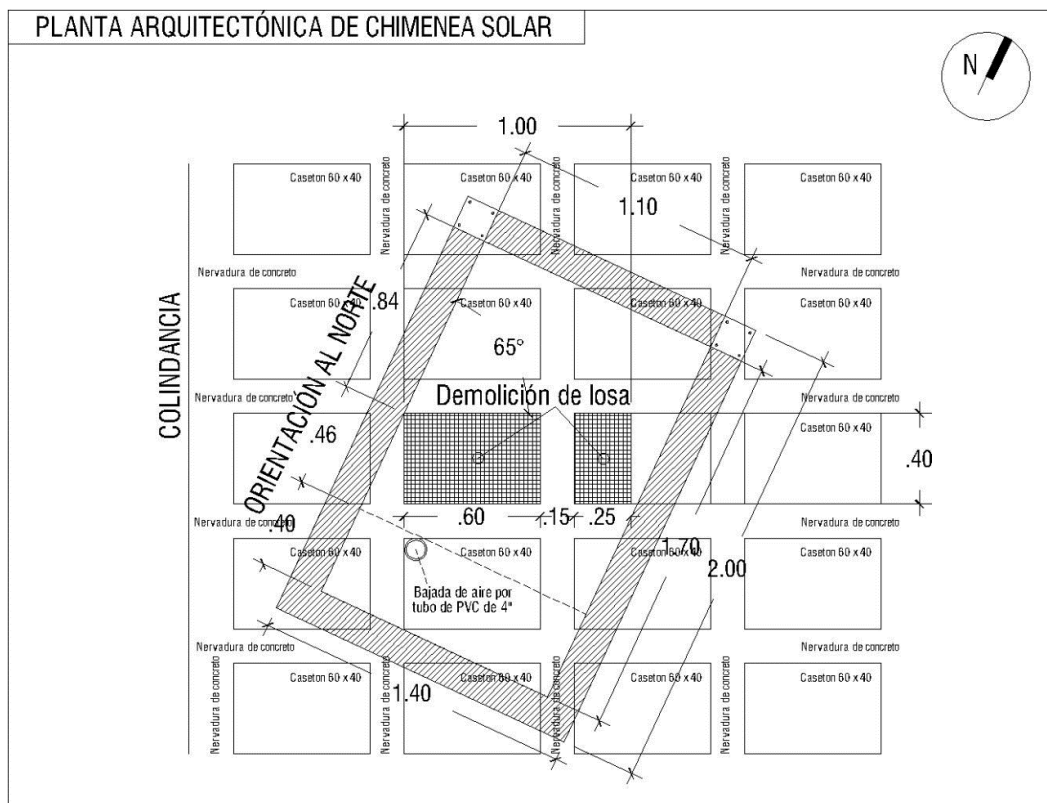
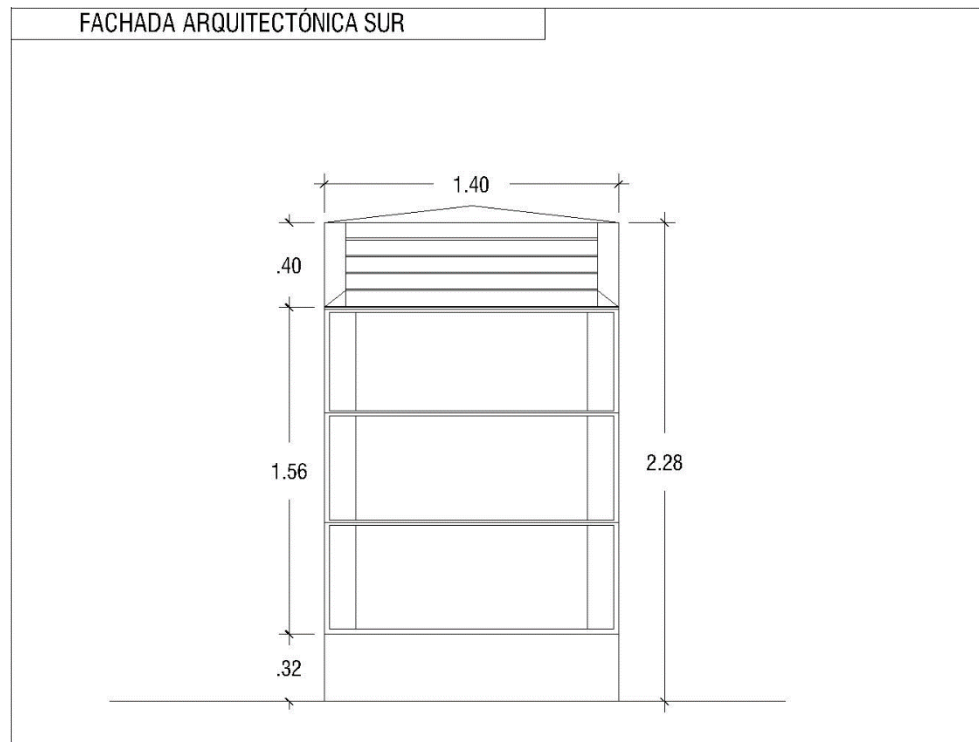
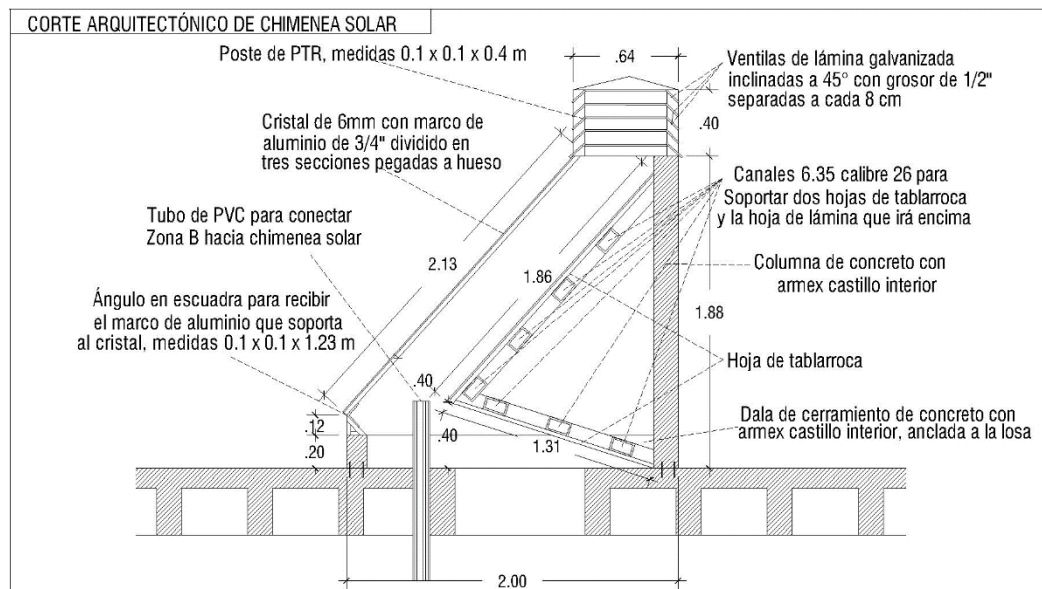


Imagen E12. Plano de planta arquitectónica de chimenea solar. Fuente: propia.



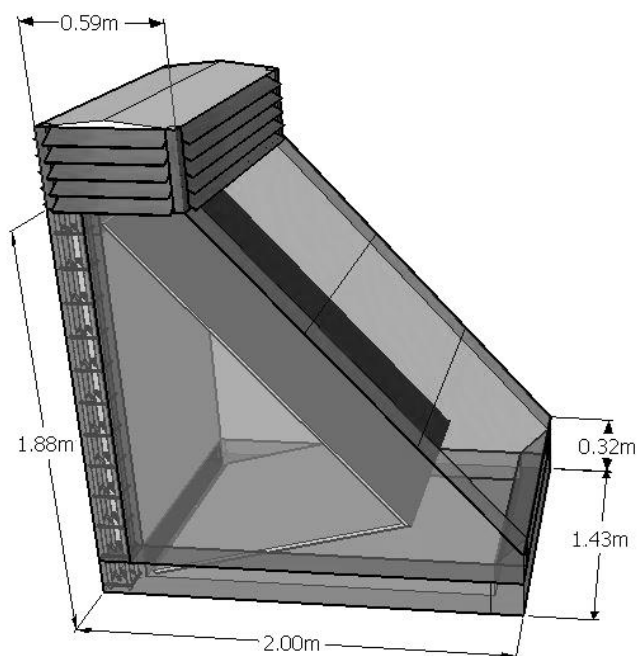
**Imagen E13.** Plano de fachada arquitectónica sur de chimenea solar. Fuente: propia



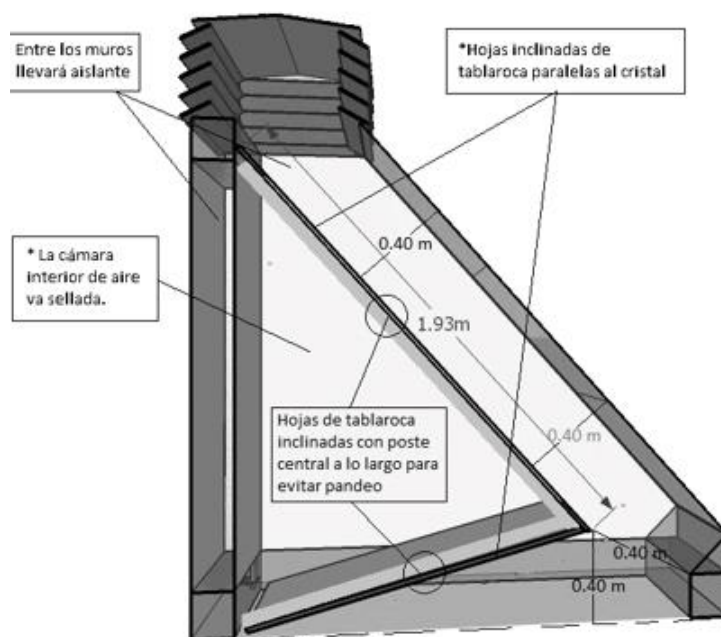
**Imagen E14.** Plano de corte arquitectónico de chimenea solar. Fuente: propia

#### 4.7.4.3 Perspectivas de chimenea solar

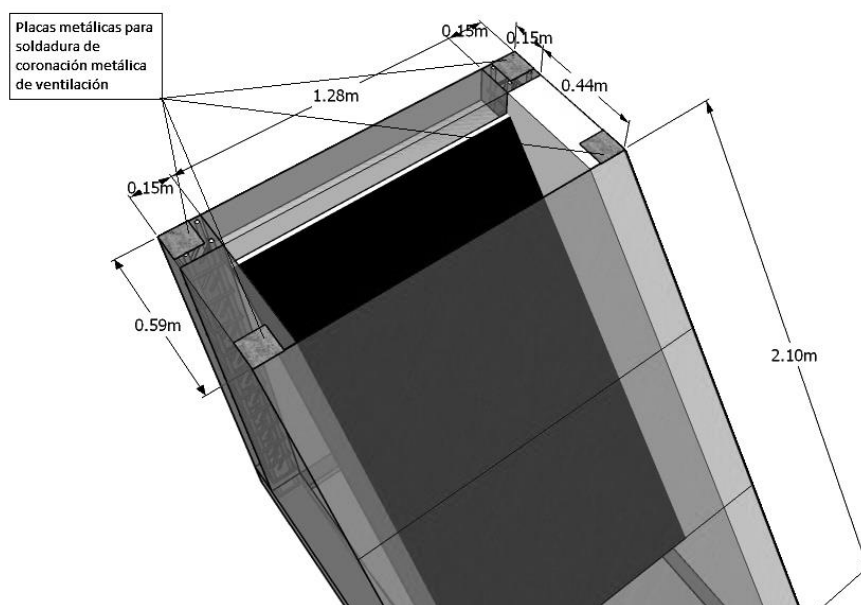
Para el mejor entendimiento de las personas a las que se les hizo solicitud de presupuestos, servicios de mano de obra y materiales, se diseñaron las siguientes perspectivas con detalles varios, éstas se muestran a continuación:



**Imagen E15.** Perspectiva suroeste de chimenea solar. Fuente: propia



**Imagen E16.** Perspectiva interior con detalles constructivos de chimenea solar. Fuente: propia



**Imagen E17.** Perspectiva con detalle para soldadura de respiradero metálico. Fuente: propia

#### 4.7.5 Ventilación artificial

Debido a que la ubicación de las plantas se encuentra en el patio (al norte de la vivienda), éste es una zona que carece de la incidencia de vientos dominantes a causa del mismo diseño volumétrico de la casa y al de la colindancia, así como la dirección contraria a la deseada en dichos vientos, por lo que se experimenta utilizando ventiladores convencionales en el patio para facilitar la generación microclimática de las plantas, pues para que estas puedan lograr un descenso térmico mediante el efecto de *enfriamiento evaporativo* es necesario que exista aireación. Asimismo, cabe la posibilidad de que la generación microclimática, aun siendo efectiva en el patio de la casa, no alcance a introducirse mediante la acción única de la chimenea solar (pues este tipo de chimeneas no son diseñadas para generar corrientes de aire significativas, sino para expulsar el calor de un espacio mediante simple convección), entonces los ventiladores pueden ser utilizados, además de generar aireación para las plantas, para introducir el microclima a la vivienda mediante una ventilación cruzada producida artificialmente, en donde

dichos dispositivos introduzcan una corriente de aire con procedencia de la zona de generación microclimática, esta corriente cruce la casa disminuyendo la temperatura de ésta, y salga por el extremo sur de la casa, en donde habrá otro ventilador que funja como extractor de aire, siendo el último eslabón del procedimiento de ventilación cruzada de manera artificial. Es importante aclarar que no se busca que sean extractores para expulsar aire caliente, pues del calor se encargará la chimenea solar, sino simples introductores y extractores de corriente de aire, permitiendo al microclima pasar de la Zona A (patio) hacia las Zonas B y C (planta baja y planta alta de la casa respectivamente).



**Imagen E18.** Ventilación para producción de microclima

Fuente: propia



**Imagen E19.** Ventilación extracción en Zona B.

Fuente: propia

#### **4.7.6 Fases de experimentación**

Las fases de experimentación proyectadas son cuatro modalidades de experimentación y cada una se divide en una serie de días con experimentos individuales que tienen duración de 24 horas, con los cuales se busca encontrar los factores que produzcan el funcionamiento óptimo del sistema experimental que aquí se propone. Cada fase tendrá una duración de entre 4 y 12 días para poder realizar las series de experimentos y estrategias proyectadas, así como para tener un margen en caso de que los días no sean totalmente soleados o cálidos, buscando experimentar en los días más calientes.

Cada uno de los experimentos que contiene cada una de las modalidades, que aquí se llaman “fases”, será documentado con dispositivos datalogger ubicados en las 4 zonas de estudio (Zonas A, B, C y D), así como también se utilizará la documentación por parte de la Estación Climatológica de la Universidad Autónoma de Sinaloa, que se encuentra a menos de un kilómetro de distancia de la casa que alberga al proyecto. Todo esto con la intención de generar tablas y gráficas que expliquen el comportamiento de cada una de las zonas, así como el comportamiento higratérmico exterior otorgado por la estación meteorológica.

Finalmente, cuando se obtengan las tablas y gráficas de cada uno de los días que serán contenidos en cada una de las fases, serán comparados con respecto a un Día Cálido Tipo (DCT) previamente definido por un promedio de días cálidos, en donde se observe el comportamiento de todas las zonas de la casa, así como el comportamiento externo simultáneo de la temperatura y la humedad. Una vez comparada cada estrategia contra este DCT en la hora correspondiente diaria donde se tenga el punto cálido más elevado o “la hora pico” térmica, se obtendrán todos los resultados cuantitativamente, pudiendo de esta manera, definir cuál fue la estrategia con mejores resultados con respecto a la introducción del microclima hacia la casa y su consecuente disminución térmica y aumentación de humedad.



## Fase A

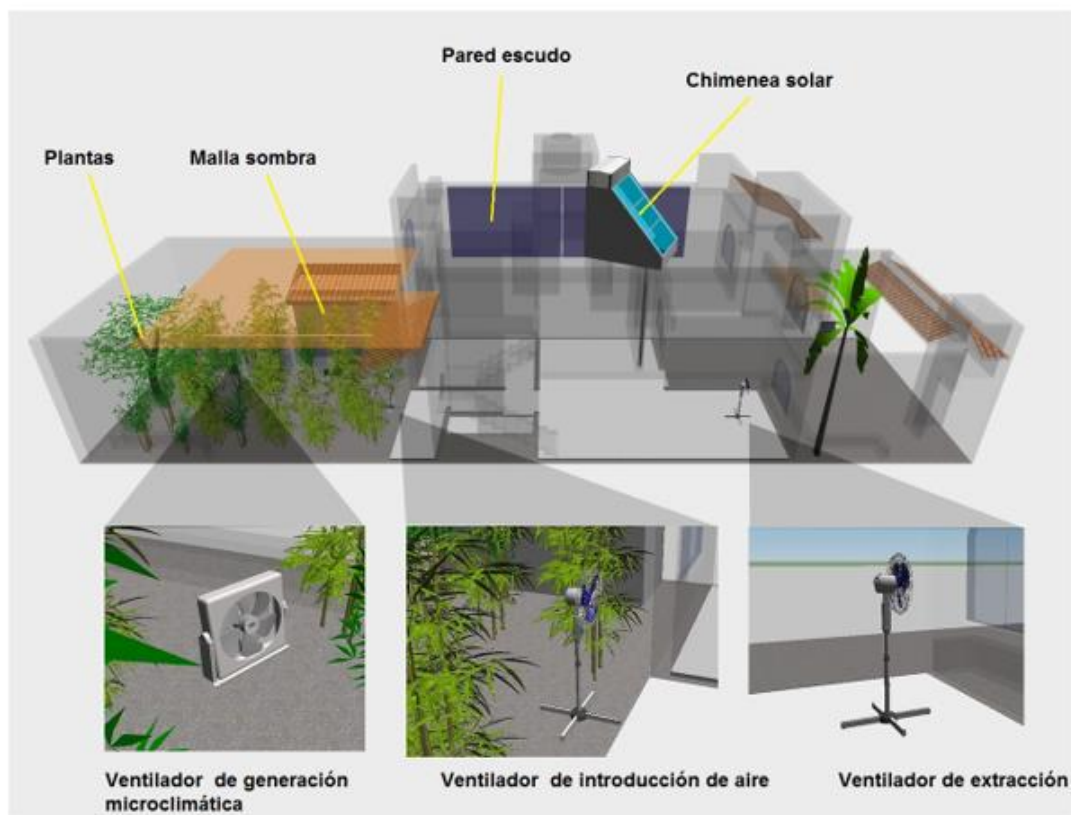


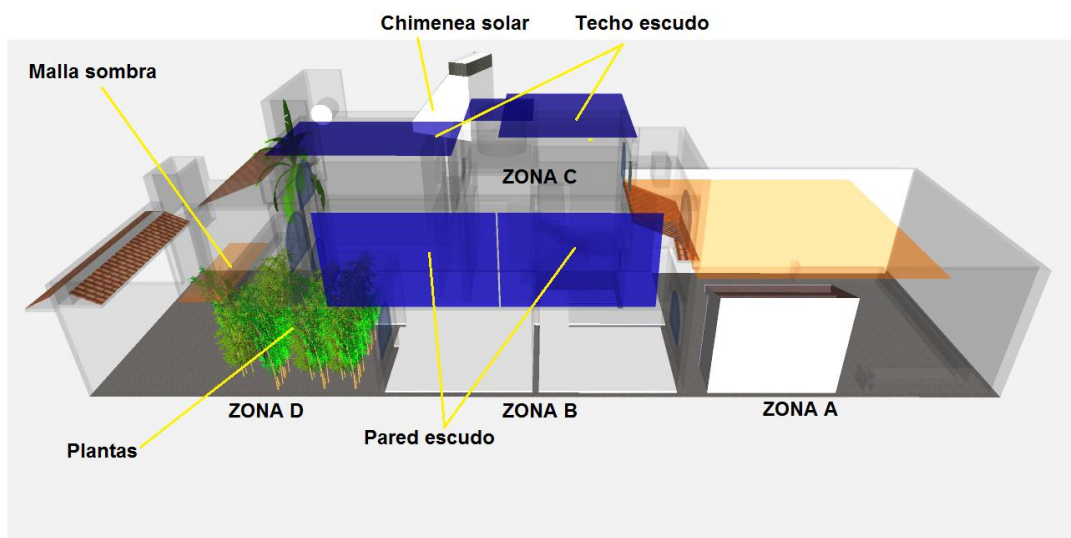
Imagen F05. Fase A. Fuente: propia

Esta es una fase de medición en donde se documenta higrotérmicamente cada una de las estrategias que se implementan dentro del sistema, es decir, cuánto influye la implementación de la malla sombra en la cuestión de temperatura y de humedad, así como la implementación de las plantas con el 70% de densidad<sup>10</sup> en la Zona A, la implementación del techo escudo, de la chimenea solar, de la pared escudo, de ventiladores para generación microclimática, de ventiladores para manejo microclimático y extracción de aire, así como el funcionamiento totalmente pasivo del sistema experimental, buscando encontrar la estrategia ideal a ser implementada para lograr un funcionamiento óptimo del sistema. Estas estrategias

<sup>10</sup> Cuando aquí se habla de densidad, se refiere a la densidad de visibilidad y tránsito en el patio, pues no sería posible tener una densidad del 100 del espacio visual y transeúnte en el patio, ni se podría tener un riego adecuado, ni transitar para manejar a los ventiladores, o bien, por las mismas actividades rutinarias de los usuarios de la vivienda.

son las siguientes: primeramente, se prueba el sistema en su estado pasivo, es decir, las plantas se encargan de la producción microclimática y la chimenea solar se encarga de crear una aspiración de aire que genere corrientes de aire provenientes desde la Zona A (donde se ubican las plantas), esperando a que el microclima generado se introduzca a la casa y esta se bioclimatice de una manera totalmente pasiva; otro experimento se refiere al uso de ventiladores en su velocidad más baja ubicados en la Zona A con la intención de generar corrientes de aire que puedan ser enfriadas por el efecto de *enfriamiento evaporativo* producido por las plantas y, de esta manera, utilizar a la chimenea solar como fuente de aspiración del microclima desde la Zona A hacia las Zonas B y C; un experimento distinto es el de utilizar, además de los ventiladores que se encargan de la generación microclimática, a un ventilador que se encargue de introducir el microclima creado en la Zona A hacia la Zona B y, por consecuencia, a la Zona C; finalmente un último experimento será el de utilizar todos los ventiladores antes mencionados (que hasta el momento son 2 o 3, dependiendo de cuántos resulten efectivos en la generación microclimática, si uno o dos) más uno que funcione como extractor de aire en la Zona B, este debe ubicarse al extremo sur de la zona, que corresponde a la ventana de la cocina, en la cara sur de la casa.

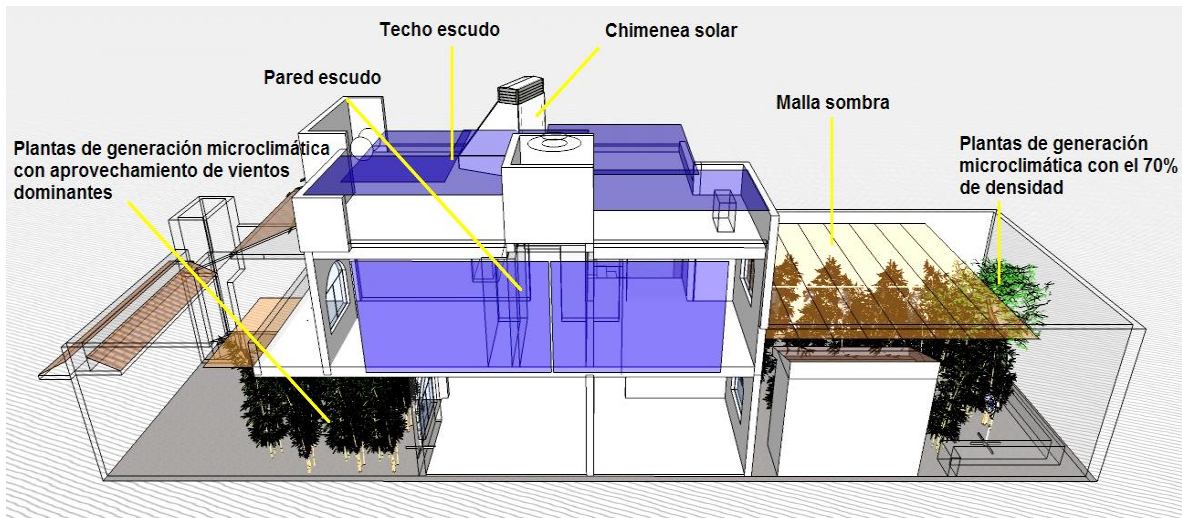
## Fase B



**Imagen F07.** Fase B. Fuente: propia

Esta fase de medición se encargará de hacer un monitoreo higrotérmico de una estrategia distinta a la de la Fase A, pues en la Fase A las plantas se encuentran en el patio sin disposición de vientos dominantes que pudieran favorecer el intercambio húmedo-térmico desde el exterior de la casa en su Zona A, hacia el interior en sus Zonas B y C (planta baja y alta, respectivamente), es por eso que en esta fase se utilizará a la Zona D (zona de cochera, ubicada al sur de la vivienda) como anfitriona para recibir a las plantas y, de esta manera, poder utilizar a los vientos dominantes como motor de intercambio térmico desde la Zona D hacia las Zonas B y C. En esta Fase se utilizarán también ventiladores en caso de que los vientos dominantes no favorezcan al intercambio térmico entre zonas y se realizarán experimentos similares a la Fase A, sólo que aquí varía la procedencia del microclima, es decir, el microclima proviene de la Zona D.

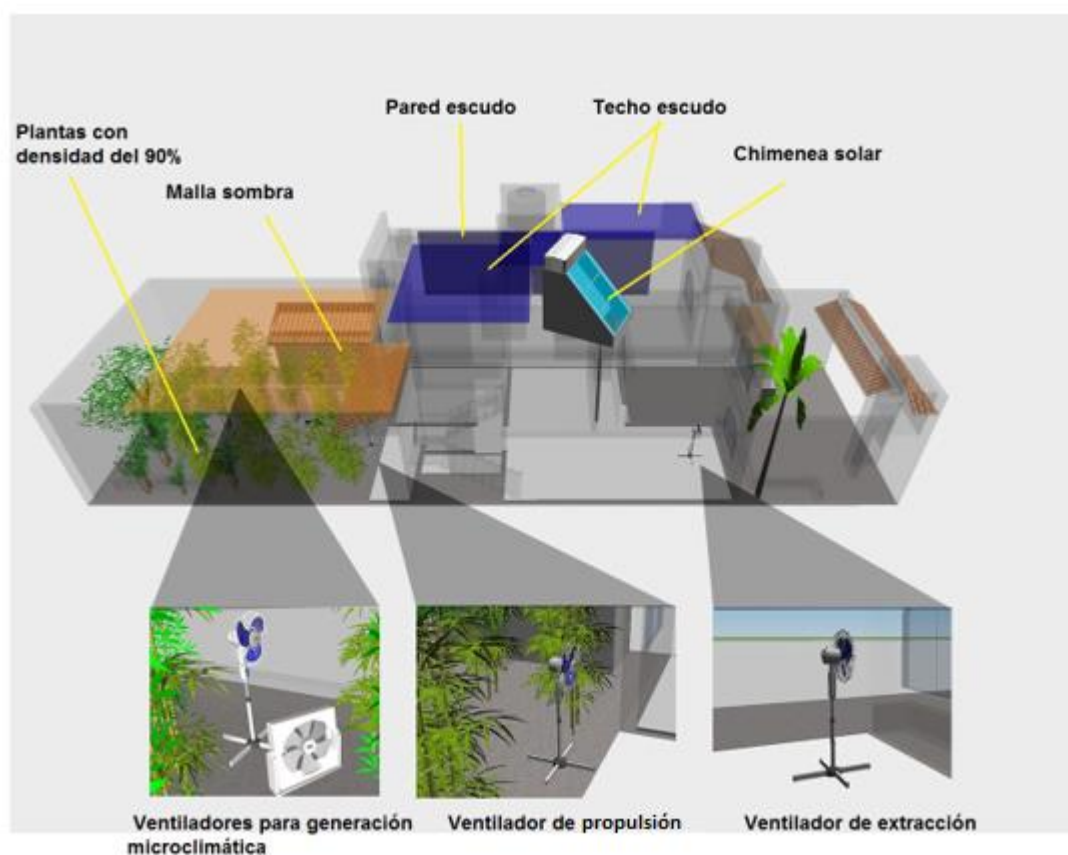
## Fase C



**Imagen F10.** Fase C. Fuente: propia

Para esta fase será necesaria una nueva dotación de plantas, para tener plantas en las Zonas A y D (patio y cochera, respectivamente), esto, con la intención de que se tengan dos zonas de generación microclimática y la casa se bioclimatice pudiendo utilizar a cualquiera de las dos, sea cual fuere el comportamiento caprichoso de los vientos dominantes y ráfagas de aire existentes en el exterior de la vivienda que alberga al proyecto. En esta fase no serán utilizados ventiladores que sirvan para el intercambio térmico entre zonas, sólo se podrán utilizar los ventiladores que se utilicen para la generación microclimática de las plantas y se registrarán cada uno de los experimentos en donde se utilicen como estrategia.

## Fase D



**Imagen F11.** Fase D. Fuente: propia

En esta fase, se tendrán todas las estrategias pasivas de arquitectura ya implementadas, y se incorporará toda la vegetación que se utiliza en la Zona D dentro de la Fase C hacia la Zona A, resultando una vegetación del 90% de densidad en el patio. Con esto se pretende obtener la máxima eficiencia del sistema. Finalmente, serán utilizados ventiladores para la generación microclimática, para el intercambio higrotérmico entre zonas y para la extracción de aire por el acceso sur (ventana de la cocina), así como probar el sistema sin ningún ventilador, volviendo al sistema totalmente pasivo y poder hacer comparaciones con los registros que se produzcan en los días que dure dicha fase. Todo lo anterior será documentado y evaluado con las estrategias de la misma fase, buscando encontrar el funcionamiento óptimo del sistema.

## **4.8 Proceso de implementación, experimentación y resultados**

### **4.8.1 Selección de plantas a implementar**

Cuando se disponía a buscar la participación del Jardín Botánico de Culiacán para este proyecto, en pláticas con su directora: la M. en C. Erika Pagaza, ella comentó que desafortunadamente las plantas que se solicitaban (las recomendadas por los dos biólogos especialistas) no se encontraban en disposición de préstamo por parte del Jardín temporalmente, debido a que la gran mayoría habían sido utilizadas en arborización urbana del municipio en obras recientes de desarrollos nuevos y existentes por parte de la planeación municipal y se tenía un déficit momentáneo de las especies solicitadas. Además, comentó que para obtener ejemplares endémicos adultos en estado silvestre desde sus respectivos hábitats se necesitaban solicitar permisos de traslado de dichas plantas endémicas o regionales a la SEMARNAT, especificando que ese tipo de permisos a veces demoraban más de un año para ser concedidos, lo que imposibilitaba la realización de esos procedimientos para ser utilizados en este trabajo. Sin embargo, Pagaza mencionó la disposición del vivero comercial del Jardín Botánico de Culiacán, en donde se podría realizar una selección de plantas nueva y estas ser utilizadas en calidad de préstamo para el proyecto. Así se realizó y para eso se tuvieron reuniones con el Dr. Saturnino Díaz, para hacer la selección mencionada y utilizar las especies disponibles en el vivero conforme a sus características fisiológicas y biológicas para ser utilizadas como plantas de generación microclimática. Es importante mencionar que algunas de las especies previamente solicitadas sí se tenían en existencia y en disposición para préstamo.

La selección fue realizada en dos sesiones y las especies conseguidas que más adelante participarían en el proyecto se mencionan y se ilustran a continuación:





**Imagen E20.** Amapa rosa (*Handroanthus impetiginosus*)

Fuente: propia



**Imagen E21.** Apomo (*Brosimum alicastrum*)

Fuente: propia



**Imagen E22.** Areca (*Dyopsis lutescens*)

Fuente: propia



**Imagen E23.** Clavellina (*Pseudobombax ellipticum*)

Fuente: propia



**Imagen E24.** Croto petra (*Codiaeum variegatum*)

Fuente: propia



**Imagen E25.** Croto tirabuzón (*Codiaeum variegatum*)

Fuente: propia



**Imagen E26.** Espárrago (*Spring meyeri*)

Fuente: propia



**Imagen E27.** Helecho Boston (*Nephrolepis exaltata*)

Fuente: propia





**Imagen E28.** Guanacastle (*Enterolobium cyclocarpum*)

Fuente: propia



**Imagen E29.** Guamúchil (*Phitecellobium dulce*)

Fuente: propia



**Imagen E30.** Mezquite (*Prosopis chilensis*)

Fuente: propia



**Imagen E31.** Palma kerpis (*Adonidia merrillii*)

Fuente: propia



**Imagen E32.** Piñanona (*Monstera deliciosa*)

Fuente: propia



**Imagen E33.** Plumeria-Jacaloxochitl (*Plumeria rubra*)

Fuente: propia



**Imagen E34.** Tabachín (*Delonix regia*)

Fuente: propia



**Imagen E35.** Teléfono (*Epipremnum aureum*) Fuente: propia





**Imagen E36.** Venadillo (*Swietenia humilis*)

Fuente: propia



**Imagen E37.** Wedelia (*Wedelia trilobata*)

Fuente: propia



**Imagen E38.** Zebrina (*Tradescantia zebrina*)

Fuente: propia



**Imagen E39.** Mafafa (*Xanthosoma robustum*)

Fuente: URL:

<http://plantasdemexico.blogspot.mx/2011/05/mafafa-xanthosoma-robustum.html> (Consultada en noviembre de 2016)

### **Nota:**

Para consultar las cartas responsivas de préstamo por parte del Jardín Botánico de Culiacán, dirigirse a la sección de “Anexos” en su punto no. 8.8.

#### 4.8.2 Establecimiento de la referencia “Día Cálido Tipo” (DCT)

Para tener un día cálido de referencia en el proyecto y con este comparar todos los resultados que se obtengan mediante las estrategias que se implementen en el Sistema Experimental de Acondicionamiento Térmico Mediante Manejo Microclimático, se hace una selección de cinco días en el documento proporcionado por el Ing. Rogelio Sánchez Bañuelos de la estación meteorológica, que contiene el registro de mediciones automáticas -que se les debe aplicar un factor de corrección<sup>11</sup> que corresponde al aumento en 1.0 °C-, con el propósito de generar la gráfica de un día caluroso tipo en Culiacán que presentan condiciones climáticas extremas en cuestiones de temperatura y humedad relativa.

La selección de días tiene que ver con el cumplimiento de requisitos específicos, se mencionan a continuación: el día debe de estar en un rango térmico máximo de entre 34 y 40 °C; debe tener cercanía en fechas con las del experimento principal de estrategia bioclimática que se realiza en este trabajo académico; no debe ser un día lluvioso; de preferencia no debe ser día sábado o domingo por ser días de baja actividad, en cuestión de la generación de calor, en la vivienda. Finalmente, se hace el análisis de los cinco días seleccionados dentro de las mediciones realizadas dentro de la vivienda mediante dispositivos *datalogger*, en donde estos serán evaluados y también promediados para generar el análisis del comportamiento de las condiciones internas de la vivienda que contiene al experimento del proyecto, para de esta manera, tener un análisis del comportamiento de temperatura y humedad relativa de la vivienda con respecto al exterior de la misma.

Los días seleccionados corresponden a:

Viernes 1 de julio de 2016 (Temperatura Máxima 36.9°C) (84.6%HR máximo)  
Jueves 7 de julio de 2016 (Temp. Máx. 38.2°C) (84.8%HR máximo)  
Viernes 8 de julio de 2016 (Temp. Máx. 39.1°C) (72.8%HR máximo)  
Domingo 10 de julio de 2016 (Temp. Máx. 37.5°C) (66.2%HR máximo)  
Jueves 14 de julio de 2016 (Temp. Máx. 37.1°C) (94.4%HR máximo)

---

<sup>11</sup> El Ing. Sánchez Bañuelos (responsable de la estación climatológica) sugiere este factor de corrección en el aumento de 1.0°C en la lectura automática de la estación, pues como la estación se ubica en un tercer piso, realmente siempre se tiene una medición con discrepancia de 1°C completo en relación a la medida no automática que se toma diariamente a nivel de suelo en la misma estación climatológica, es decir, la medición automática, por su altitud, registra 1°C menos al de la medición manual.



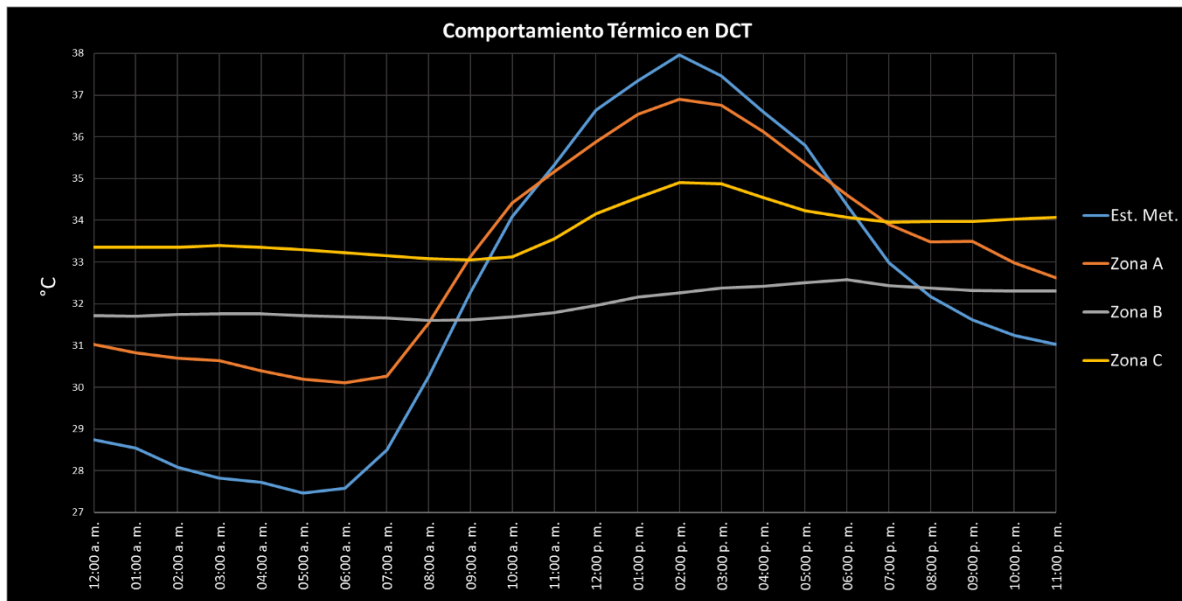
Una vez promediados se obtiene la siguiente tabla:

	Estación Meteorológica		Zona A		Zona B		Zona C	
HORA	°C	HR%	°C	HR%	°C	HR%	°C	HR%
12:00 a. m.	28.74	70.84	31.02	60.98	31.72	62.6	33.35	55.775
01:00 a. m.	28.54	71.42	30.82	61.86	31.7	62.52	33.35	54.65
02:00 a. m.	28.08	73.72	30.7	61.92	31.74	62.48	33.35	54.575
03:00 a. m.	27.82	77.46	30.64	64	31.76	62.98	33.4	53.825
04:00 a. m.	27.72	77.88	30.4	65.08	31.76	62.86	33.35	53.725
05:00 a. m.	27.46	79.14	30.2	65.68	31.72	62.56	33.3	53.45
06:00 a. m.	27.58	79.16	30.1	66.18	31.68	62.72	33.225	53.175
07:00 a. m.	28.5	75.4	30.26	66.24	31.66	62.6	33.15	53.125
08:00 a. m.	30.26	69.68	31.54	63.72	31.6	62.58	33.075	53.45
09:00 a. m.	32.26	63.44	33.12	59.24	31.62	62.06	33.05	53.825
10:00 a. m.	34.08	56.72	34.42	55.54	31.68	61.48	33.125	54.475
11:00 a. m.	35.32	52.34	35.16	52.64	31.78	62.58	33.55	55.4
12:00 p. m.	36.64	47.32	35.88	49.48	31.96	61.26	34.15	52.675
01:00 p. m.	37.34	45.52	36.54	47.9	32.16	60.64	34.55	51.9
02:00 p. m.	37.96	44.26	36.9	46.78	32.26	60.78	34.9	50
03:00 p. m.	37.46	44.74	36.76	46.42	32.38	60.34	34.875	50.225
04:00 p. m.	36.6	45.46	36.12	46.78	32.42	61.3	34.55	50.775
05:00 p. m.	35.8	45.04	35.36	46.64	32.5	59.46	34.225	49.825
06:00 p. m.	34.36	47.6	34.6	47.42	32.58	58.82	34.075	50
07:00 p. m.	32.98	53.66	33.9	51.76	32.44	58.98	33.95	51.2
08:00 p. m.	32.18	56.14	33.48	52.46	32.38	59.64	33.975	55.75
09:00 p. m.	31.62	59.14	33.5	53.38	32.32	60.26	33.975	54.475
10:00 p. m.	31.24	61.4	32.98	55.8	32.3	60.6	34.025	53.575
11:00 p. m.	31.02	62.14	32.62	57.48	32.3	61.74	34.075	52.7

**Tabla 8.** Promedios resultantes para la elaboración del DCT.  
Fuente: elaboración propia

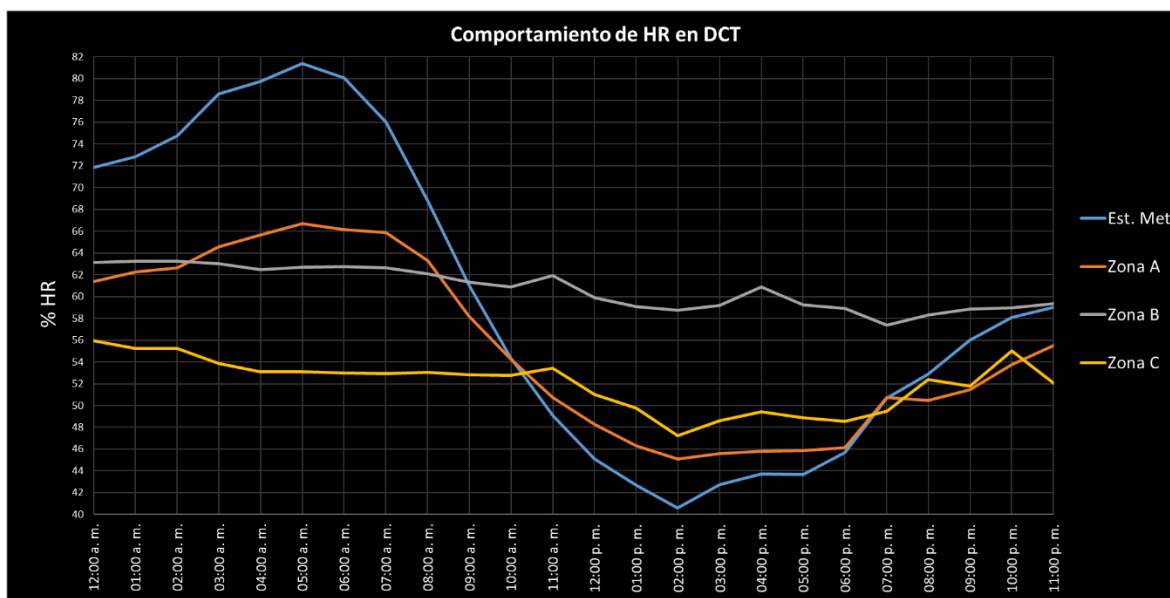
En este segmento se analizan cuatro zonas de estudio tanto en temperatura como en Humedad Relativa: primeramente, la Estación Climatológica de la Escuela de Biología de la Universidad Autónoma de Sinaloa; seguida por el registro del dispositivo *datalogger* ubicado en la Zona A, al interior de la casa; continuando con el dispositivo *datalogger* ubicado en Zona B, en el patio de la casa; finalmente, un

último dispositivo *datalogger* ubicado en la Zona C, es decir, la planta alta de la casa, cerca de donde se construiría la chimenea solar.



**Gráfica 22.** Análisis de comportamiento térmico de las cuatro zonas de estudio en un Día Tipo Cálido. Fuente: propia

El comportamiento térmico analizado demuestra que se tienen dos tipos de líneas con cierto grado de parentesco: las mediciones interiores y exteriores. Dentro de las mediciones exteriores se tiene a la estación meteorológica y a la Zona A de la casa, y se puede observar que la medida de la estación es más contrastante que la de la Zona A y en el periodo nocturno se tiene una diferencia de hasta 2.7°C, sin embargo, en la hora pico se distancian en 1.0°C y en dos partes del día se entrecruzan. Por otro lado, las mediciones internas tienen un comportamiento más amortiguado que las externas además de llevar un paralelismo que fluctúa entre 1.4°C y 2.7°C, y sus variaciones son moderadas pero en ningún punto se entrecruzan.



**Gráfica 23.** Análisis de comportamiento de HR de las cuatro zonas de estudio en un Día Tipo Cálido. Fuente: propia

Al analizar los comportamientos en porcentaje de HR, se tiene un comportamiento inverso al térmico. Pues aquí, en las zonas de medición exteriores se tienen altos niveles de humedad en las horas nocturnas, y bajos niveles de humedad en las horas pico térmicas. En las mediciones externas, de igual manera, el comportamiento del clima exterior medido por la estación climatológica es más contrastante que la medición exterior del patio (Zona A), llegando a diferenciarse el uno del otro hasta en un 13.5% de HR, entrecruzándose en dos puntos a lo largo del día por el mismo contraste mencionado. Por otro lado, en las mediciones de Zona B y Zona C se distingue el mismo patrón de amortiguamiento interior, pero en este caso la humedad es menor en la planta alta (Zona C) y llevan el paralelismo mencionado en el análisis térmico, teniendo en sus puntos más distanciados un 10.7% de diferencia y en sus puntos más cercanos un poco menos del 7.1%.

En la siguiente tabla se muestra la referencia del estado original de la vivienda mediante la tabla que describe el DCT enfocada a la hora pico del día, describiendo de esta manera la temperatura respecto al exterior de cada una de las zonas del proyecto y la diferencia en porcentaje de HR que cada una de estas zonas tiene con respecto al porcentaje exterior. Es importante mencionar que la comparativa se

muestra con signos negativo (-) y positivo (+) dependiendo de si la temperatura o el porcentaje de HR están por encima (usando el positivo) o por debajo (usando el negativo) del nivel con el que están siendo comparados. La tabla comparativa se muestra a continuación:

**Resultados de referencia para el DCT en la hora pico del día:**

Zonas del proyecto	Temperatura respecto al exterior (°C)	Humedad Relativa respecto al exterior (%)
Zona A	-1.0 °C (2:00 p.m.)	+ 2.5% (2:00 p.m.)
Zona B	-5.7 °C (2:00 p.m.)	+ 16.5% (2:00 p.m.)
Zona C	-3.0 °C (2:00 p.m.)	+ 5.8% (2:00 p.m.)

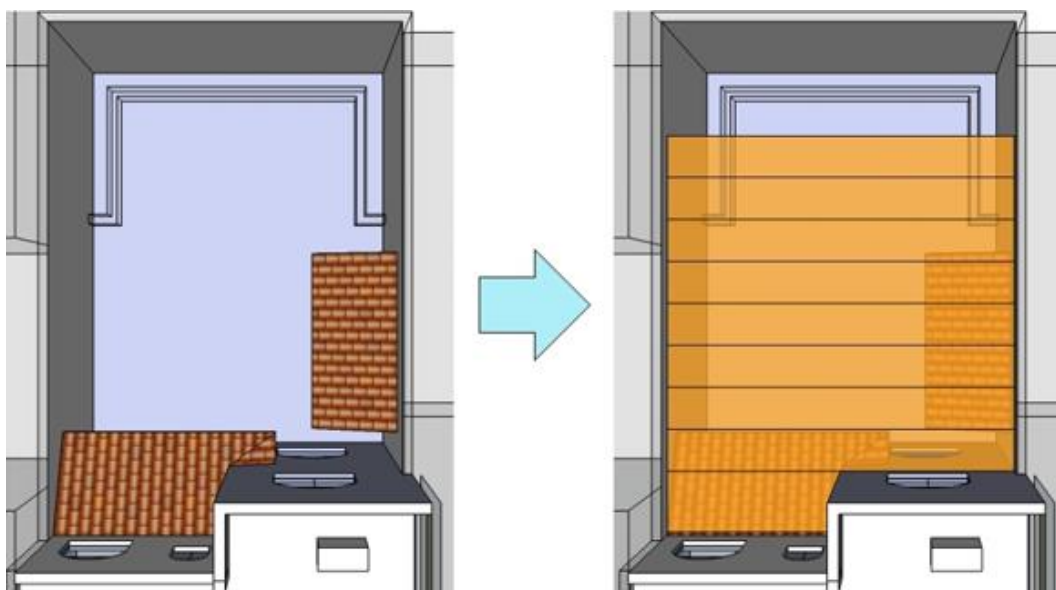
**Tabla 9.** Resultados comparativos del DCT. Fuente: propia

La tabla 9 muestra los resultados obtenidos a la hora pico térmica del DCT, en este caso a las 2:00 p.m., Sin embargo, las horas pico pueden variar dependiendo del día en que se analice en los resultados que más adelante se muestren ya con el análisis del experimento en funcionamiento. Los resultados son sólo promedios y nos sirven para darnos un panorama en cuestiones de comparación entre el sistema antes de implementarse y después de implementarse. Finalmente, los resultados de las tres zonas de estudio son en comparación con los que se obtienen de la estación meteorológica automatizada ubicada en la Estación Climatológica de la U.A.S. que se encuentra a menos de un kilómetro de distancia con el proyecto.

**Nota:**

Para mayor información de los datos analizados consultar en “Anexos” el punto no. 8.9

### 4.8.3 Aplicación de malla sombra



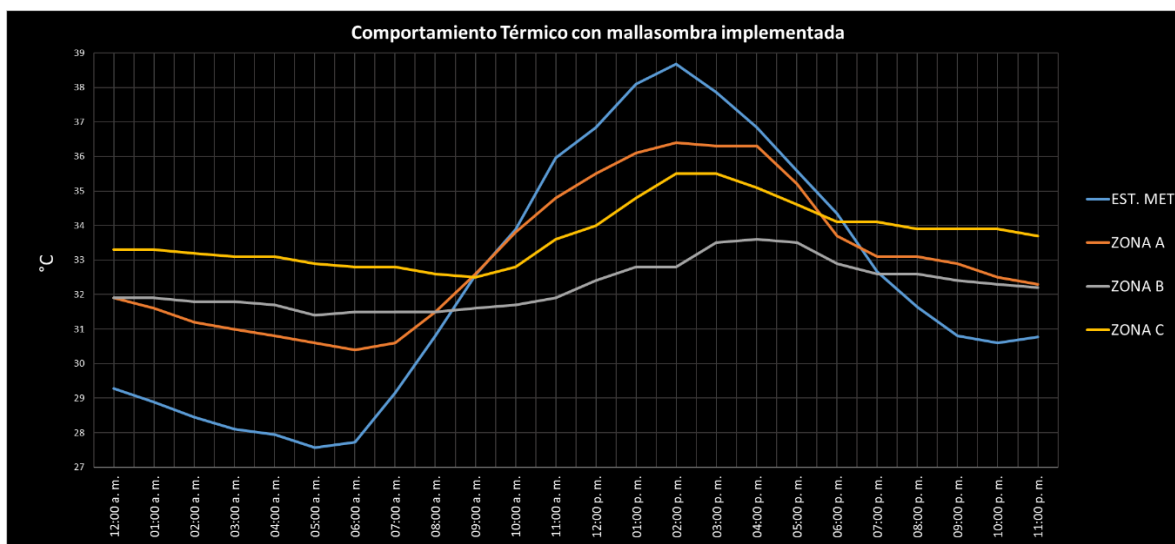
**Imagen E40.** Vista aérea de aplicación de malla sombra. Fuente: propia

Se analiza el día 20 de julio 2016, pues un día antes por la tarde se instaló la malla sombra del patio. El análisis es para ver qué impacto tiene la aplicación de esta malla tanto en temperatura como en HR.

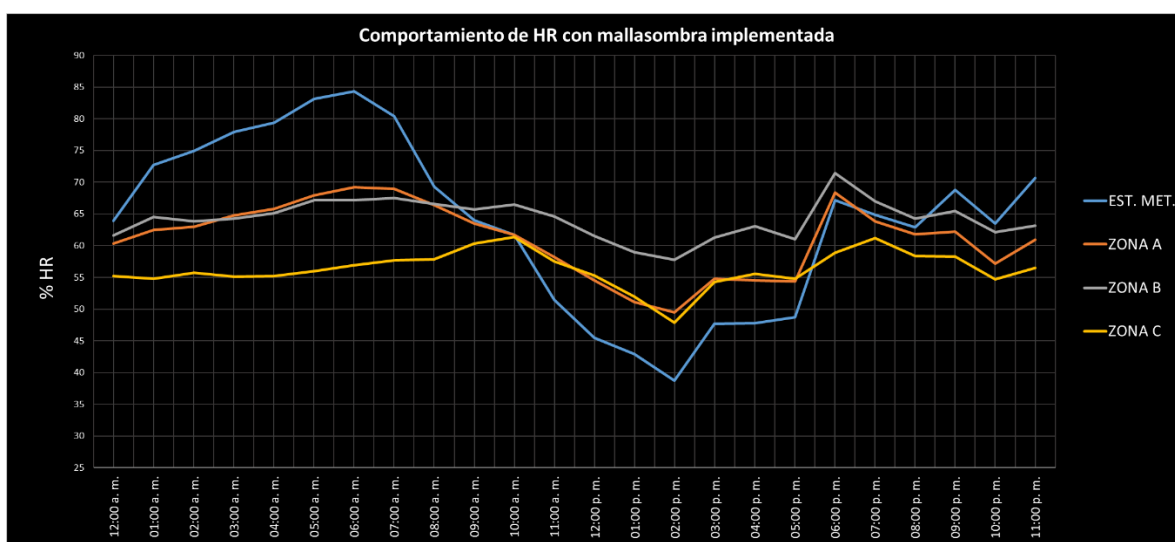
FECHA	HORA	EST. MET.			ZONA A			ZONA B			ZONA C	
		°C	HR%		°C	HR%		°C	HR%		°C	HR%
20/07/2016	12:00 a. m.	29.28	63.9		31.9	60.3		31.9	61.6		33.3	55.2
20/07/2016	01:00 a. m.	28.88	72.7		31.6	62.5		31.9	64.5		33.3	54.8
20/07/2016	02:00 a. m.	28.44	74.9		31.2	63		31.8	63.8		33.2	55.7
20/07/2016	03:00 a. m.	28.1	77.9		31	64.8		31.8	64.3		33.1	55.1
20/07/2016	04:00 a. m.	27.94	79.4		30.8	65.8		31.7	65.1		33.1	55.2
20/07/2016	05:00 a. m.	27.56	83.1		30.6	67.9		31.4	67.2		32.9	56
20/07/2016	06:00 a. m.	27.72	84.3		30.4	69.2		31.5	67.2		32.8	56.9
20/07/2016	07:00 a. m.	29.16	80.4		30.6	69		31.5	67.5		32.8	57.7
20/07/2016	08:00 a. m.	30.8	69.3		31.5	66.4		31.5	66.6		32.6	57.9
20/07/2016	09:00 a. m.	32.56	64		32.6	63.5		31.6	65.7		32.5	60.3
20/07/2016	10:00 a. m.	33.88	61.7		33.8	61.7		31.7	66.5		32.8	61.4
20/07/2016	11:00 a. m.	35.96	51.5		34.8	58.2		31.9	64.6		33.6	57.5
20/07/2016	12:00 p. m.	36.84	45.5		35.5	54.5		32.4	61.5		34	55.3
20/07/2016	01:00 p. m.	38.1	42.9		36.1	51.1		32.8	59		34.8	52
20/07/2016	02:00 p. m.	38.68	38.7		36.4	49.5		32.8	57.8		35.5	47.9
20/07/2016	03:00 p. m.	37.86	47.7		36.3	54.8		33.5	61.3		35.5	54.3
20/07/2016	04:00 p. m.	36.84	47.8		36.3	54.5		33.6	63.1		35.1	55.6
20/07/2016	05:00 p. m.	35.58	48.7		35.2	54.4		33.5	61		34.6	54.8
20/07/2016	06:00 p. m.	34.34	67.2		33.7	68.4		32.9	71.4		34.1	58.9
20/07/2016	07:00 p. m.	32.66	64.9		33.1	63.8		32.6	67		34.1	61.2
20/07/2016	08:00 p. m.	31.64	62.9		33.1	61.8		32.6	64.3		33.9	58.4
20/07/2016	09:00 p. m.	30.8	68.8		32.9	62.2		32.4	65.5		33.9	58.3
20/07/2016	10:00 p. m.	30.6	63.5		32.5	57.2		32.3	62.1		33.9	54.7
20/07/2016	11:00 p. m.	30.78	70.7		32.3	60.9		32.2	63.2		33.7	56.5

**Tabla 10.** Comparación de datos de temperatura y HR para las cuatro zonas de estudio.

Fuente: elaboración propia



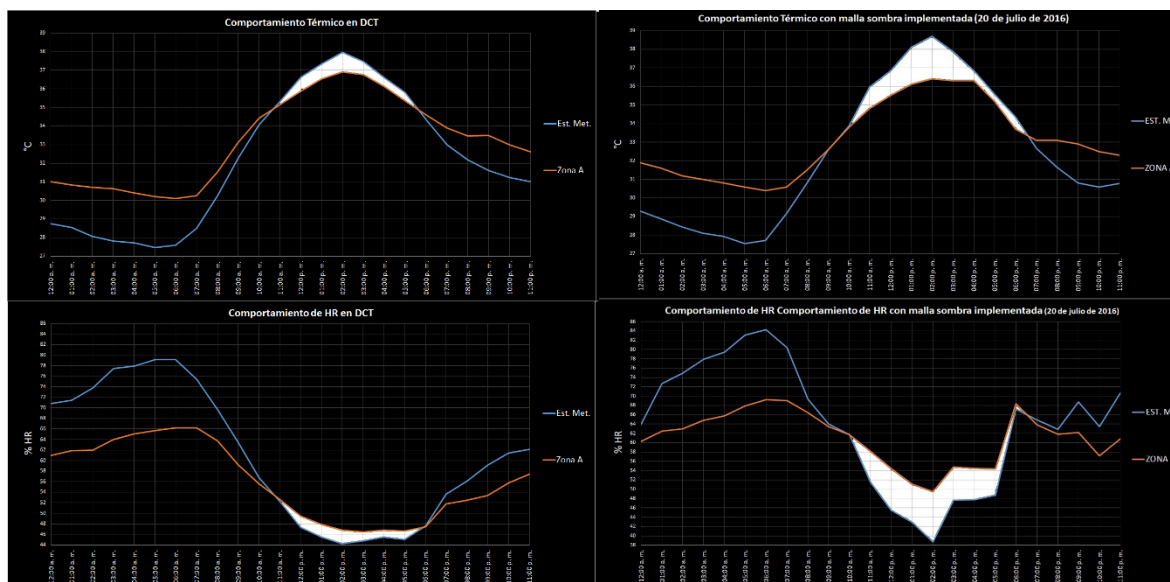
**Gráfica 24.** Análisis de comportamiento térmico de las cuatro zonas de estudio con malla sombra implementada. Fuente: propia



**Gráfica 25.** Análisis de comportamiento térmico de las cuatro zonas de estudio con malla sombra implementada. Fuente: propia



## Comparación de comportamiento térmico y de HR entre estación meteorológica y Zona A a partir de la colocación de malla sombra.



**Gráfica 26.** Comparaciones de temperatura y de humedad entre DCT y día con malla sombra implementada.

Fuente: propia

### Conclusiones:

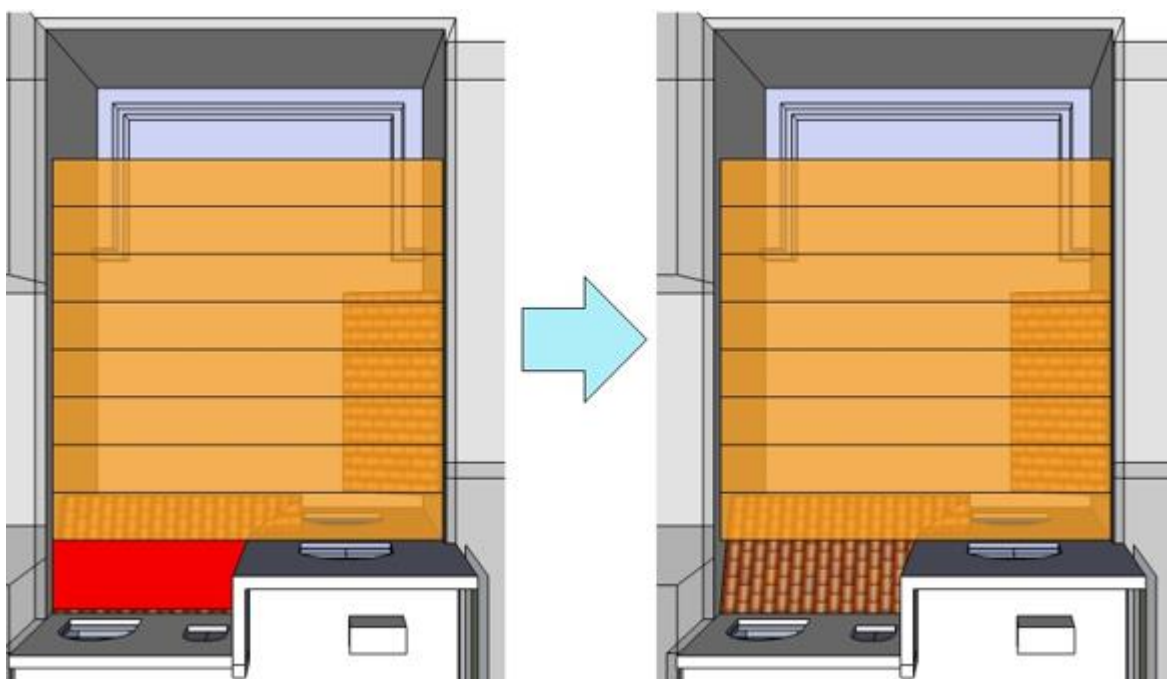
La aplicación de la malla sombra tiene un impacto de  $1.2^{\circ}\text{C}$  en el punto crítico térmico de alta temperatura (2 p.m.), es decir, a comparación de la situación original de la casa, donde se tenía una diferencia en el mismo punto crítico de  $1.0^{\circ}\text{C}$ . Pero por sí sola la malla sombra genera una sensación de efecto invernadero hacia los huéspedes de la casa, pues cuando originalmente se tenía una diferencia de  $2.8^{\circ}\text{C}$  en el punto crítico más bajo (5:00 a.m.), por causa de la aplicación de la malla se tiene un aumento de  $0.3^{\circ}\text{C}$ .

En la cuestión de humedad se tiene un impacto negativo con la colocación de la malla sombra por sí sola -es decir, sin las demás estrategias planeadas implementadas (plantas, techo escudo, pared escudo, ventilación, etc.) – observándose un aumento considerable en la Humedad Relativa tanto en porcentaje como en duración: en el análisis del Día Caluroso Tipo (DCT) se observa cómo en el lapso contenido entre las 11:00 a.m. y 6:00 p.m. (7 horas) el porcentaje de HR es mayor en la Zona A que en la estación meteorológica, y su diferencia en

porcentaje es del 2.1% aproximadamente; por otro lado, al aplicar la malla sombra, la diferencia en porcentaje crece un 8.7%, dando un total de 10.8% de diferencia en el lapso crítico mencionado.

Finalmente, los huéspedes sufren un tipo de *estrés higrotérmico* debido a que no sienten ningún tipo de corriente de aire a causa de esta medida empleada y se tiene exceso de humedad.

#### 4.8.4 Corrección de malla sombra



**Imagen E41.** Corrección de malla sombra. Fuente: propia

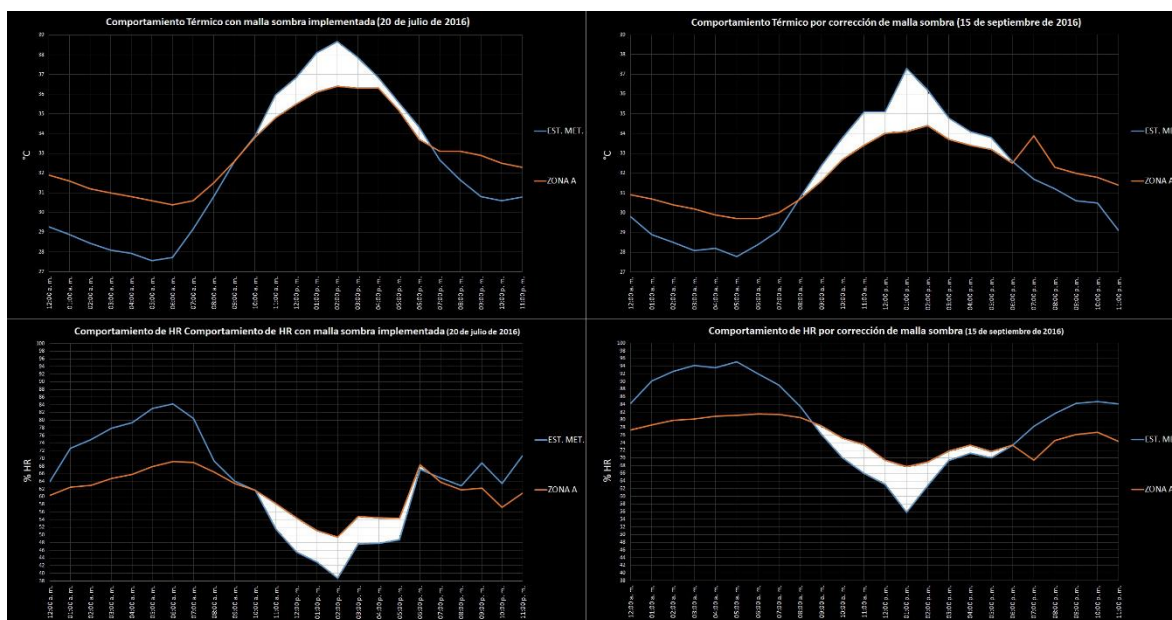
Debido a que los huéspedes percibieron un efecto invernadero por ausencia de ventilación, calor y niveles de humedad altos, se hace una modificación en la malla sombra y se retira una sección el día 15 de septiembre de 2016 a las 8:00 a.m. para producir una mejora en la ventilación del patio y con eso disminuir el exceso de humedad y el efecto invernadero producido.

Se analiza el día 15 de septiembre de 2016:

HORA	EST. MET.		ZONA A	
	°C	HR %	°C	HR %
12:00 a. m.	29.8	84.3	30.9	77.3
01:00 a. m.	28.9	90.1	30.7	78.7
02:00 a. m.	28.5	92.6	30.4	79.8
03:00 a. m.	28.1	94.2	30.2	80.2
04:00 a. m.	28.2	93.6	29.9	80.9

05:00 a. m.	27.8	95.1	29.7	81.2
06:00 a. m.	28.4	92.1	29.7	81.5
07:00 a. m.	29.1	89.1	30	81.4
08:00 a. m.	30.8	83.5	30.7	80.6
09:00 a. m.	32.4	76.2	31.6	78.4
10:00 a. m.	33.8	70	32.7	75.2
11:00 a. m.	35.1	66	33.4	73.5
12:00 p. m.	35.1	63.1	34	69.5
01:00 p. m.	37.3	55.8	34.1	67.8
02:00 p. m.	36.2	62.8	34.4	69
03:00 p. m.	34.8	69.3	33.7	71.9
04:00 p. m.	34.1	71.2	33.4	73.4
05:00 p. m.	33.8	70.1	33.2	71.7
06:00 p. m.	32.6	73.3	32.5	73.4
07:00 p. m.	31.7	78.3	33.9	69.4
08:00 p. m.	31.2	81.6	32.3	74.6
09:00 p. m.	30.6	84.3	32	76.2
10:00 p. m.	30.5	84.7	31.8	76.8
11:00 p. m.	29.1	84.2	31.4	74.4

**Tabla 11.** Registros de temperatura y humedad del 15 de septiembre de 2016. Fuente: propia



**Gráfica 27.** Comparaciones en comportamiento de temperatura y de humedad por corrección de malla sombra. Fuente: propia

## **Conclusiones:**

En la cuestión térmica, la modificación representa una mejora en la disminución de  $0.9^{\circ}\text{C}$ , pues cuando se tenía la malla sin su corrección, se tenía una diferencia de  $2.2^{\circ}\text{C}$  en el punto crítico térmico más caliente (2:00 p.m.), y con la corrección se tuvo una diferencia de 3.2 en el punto crítico térmico más caliente del día 15 de septiembre (1:00 p.m.). Este comportamiento de mejora se debe a la ventilación propiciada una vez retirado el segmento de la malla sombra, antes no se tenía la ventilación y el calentamiento extra se debía al efecto invernadero solamente, pues en cuestión de la relación de sombreado de antes y después de la corrección, el sombreado se mantuvo igual debido a que el área retirada de malla sombra, aunque permite el paso del sol, este es bloqueado por una parte estructural de la casa que da sombra en el área que sombrearía el segmento retirado.

En la cuestión de HR, la zona de exceso se adelgaza ligeramente a comparación de cuando se tenía la malla sombra sin corrección, aunque con una mayor duración en tiempo con HR, se tiene descenso del 10% al 7.4% en el distanciamiento entre la estación meteorológica y la Zona A en el lapso crítico.

Finalmente, un aspecto positivo se tiene en la percepción de los huéspedes fue una mejoría en cuestiones de percepción sensorial gracias al flujo de corrientes de aire que habían estado ausentes mientras no se había hecho la corrección de malla.

#### 4.8.5 Chimenea solar

La construcción de la chimenea solar finaliza el día 21 de septiembre de 2016 sin embargo, su funcionamiento inició días antes.

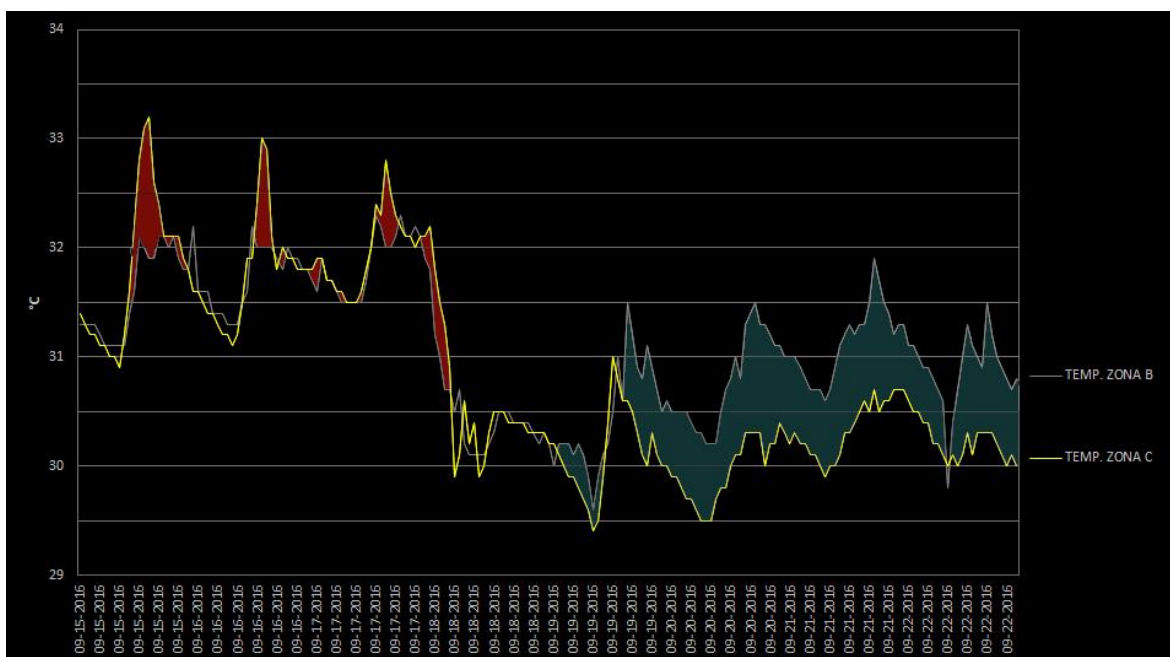
En este segmento se analiza el comportamiento térmico de las dos zonas interiores de la casa (Zonas B y C) con respecto al DCT en el periodo donde no se tenía en



Imagen H20. Fuente: propia

funcionamiento y en el que inicia su funcionamiento, además del beneficio proporcionado en cuestiones de enfriamiento térmico y variaciones de HR.

#### Análisis térmico entre Zona B y C del 15 al 22 de septiembre de 2016



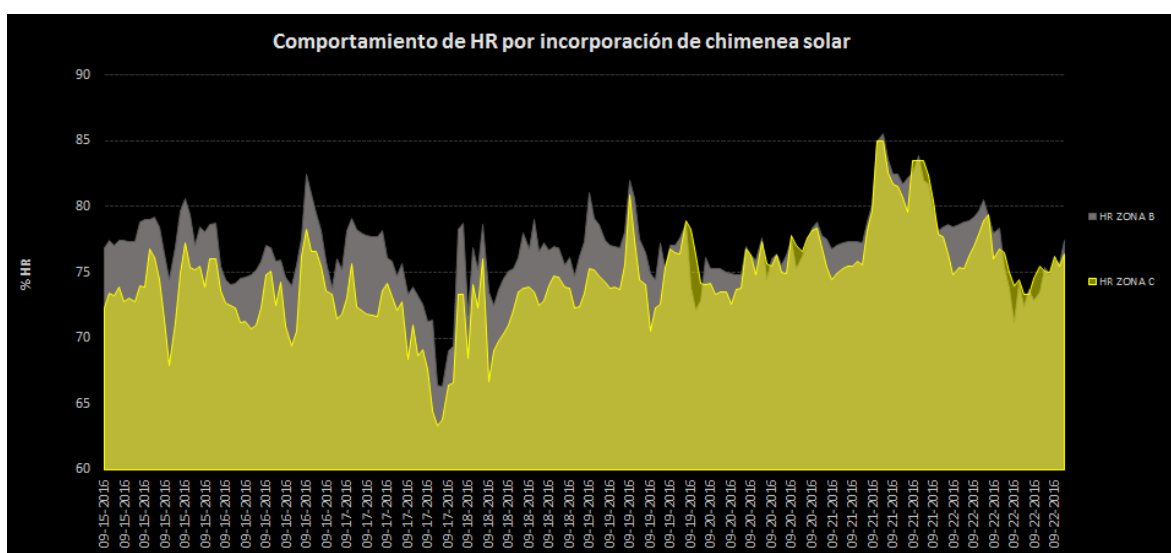
Gráfica 28. Comparación en comportamiento térmico.

Fuente: propia



En un análisis entre los puntos térmicos críticos en dos de los días más cálidos: 15 y 21 de septiembre, el análisis revela que la chimenea tiene un impacto favorable disminuyendo la temperatura 2.5°C. Es importante mencionar que las plantas en zona A llegaron el día 19 de septiembre de 2016, pudiendo esto influir también en el enfriamiento de la chimenea solar, por lo que este valor otorgado de enfriamiento puede no ser exacto en este punto del análisis.

En un segundo análisis sobre la chimenea solar, se logra determinar que en un día con condiciones cálidas extremas y en una casa afectada en sus zonas interiores por dichas condiciones, **la chimenea solar logra una disminución térmica por sí sola de hasta 4.8°C** en una de las zonas de la casa donde, antes de aplicarse esta, se tenía una diferencia térmica de 2.8°C menos que en el exterior a la hora pico térmica extrema cálida diaria y, con su aplicación, se logró una diferencia térmica de 7.6°C menos que en el exterior de la vivienda<sup>12</sup>.



#### Análisis de HR entre Zona B y C del 15 al 22 de septiembre de 2016

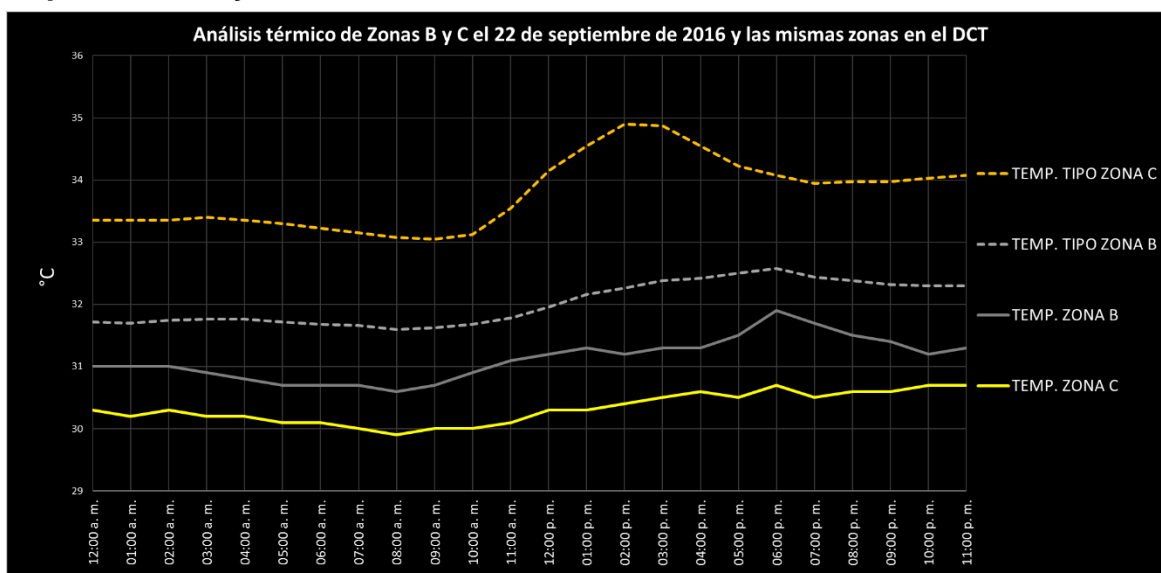
Gráfica 29. Comparación en comportamiento de HR.

Fuente: propia

<sup>12</sup> Para ver el detalle del análisis mencionado, consultar el día experimental 4 de la Fase B, realizado el día 5 de octubre de 2016.

En la gráfica 29 se muestra cómo en la cuestión de HR se tiene un incremento en el porcentaje de la Zona C, poniéndose esta zona casi a la par de la zona B en este lapso estudiado debido a la acción de la chimenea solar.

### Comparación de comportamiento térmico de Zonas B y C con chimenea implementada y sin chimenea en DCT.



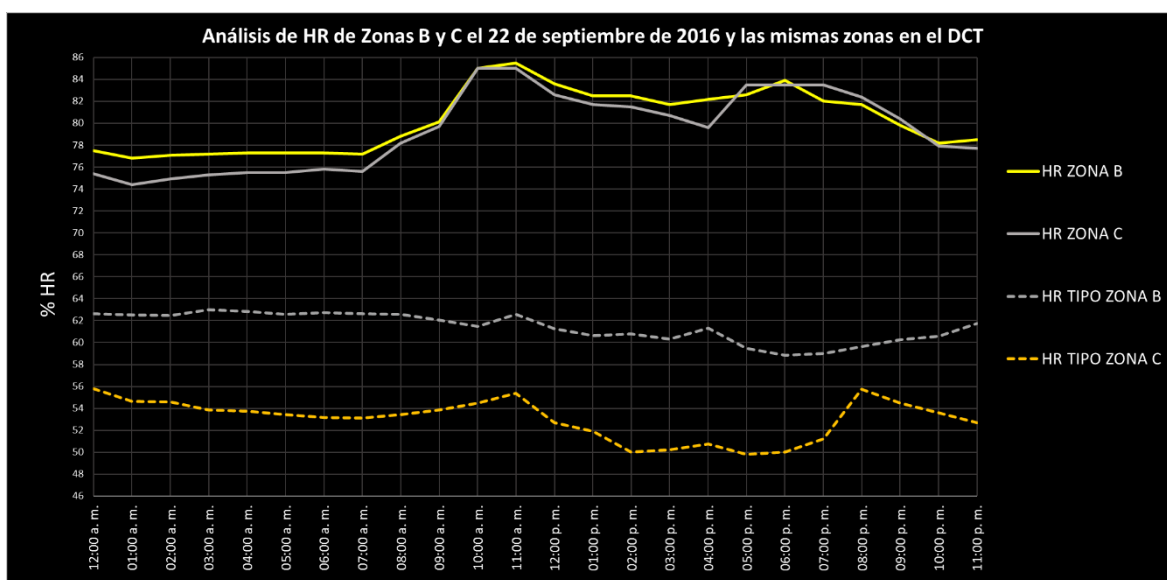
**Gráfica 30.** Comparación en comportamiento térmico entre Zonas B y C con chimenea implementada y sin chimenea en el DCT. Fuente: propia

La gráfica 30 se analiza el comportamiento térmico del DCT en las Zonas B y C, así como el comportamiento térmico del día 22 de septiembre de 2016. Claramente las temperaturas no coinciden entre la temperatura de la Zona B con respecto a la Zona B del DCT. Esto se debe a que las condiciones climáticas externas son distintas, pues la selección del DCT fue en julio (dos meses atrás) y el clima a estas alturas ya va descendiendo térmicamente y otro aspecto que seguramente influye es la acción térmica de las plantas en Zona A, como ya se mencionó. Pero, lo que nos importa saber en esta gráfica es cómo es el comportamiento de la Zona C con respecto a la Zona B tanto en el DCT como en este día caluroso analizado correspondiente al 22 de septiembre de 2016.

El resultado del comportamiento es el siguiente: la temperatura de la Zona C en el DCT es más alta en todo el transcurso del día que la temperatura de la Zona B en

el DCT en un par de grados aproximadamente, teniendo un punto crítico en donde la separación entre estas dos zonas llega a ser de casi tres grados Celsius. En cambio, una vez implementada la chimenea solar la temperatura de la Zona C en el día analizado resulta más baja en todo el transcurso del día que la temperatura de la Zona B de la misma fecha analizada y tiene una variación de entre 0.6°C y 1.6°C.

### Comparación de comportamiento de humedad relativa de Zonas B y C con chimenea implementada y sin chimenea en DCT.



**Gráfica 31.** Comparación en comportamiento de HR entre Zonas B y C y el DCT.  
Fuente: propia

La gráfica 31 muestra cómo se comportan las Zonas B y C en cuestión de Humedad Relativa, se compara el mismo día de la gráfica 30 y el resultado muestra cómo en el DCT la humedad en la Zona C se mantenía en menor porcentaje que en la Zona B en el transcurso de todo el día. Sin embargo, después de la implementación de la chimenea solar, los niveles de porcentaje de HR en la Zona C se incrementan y llega a niveles muy cercanos a los del porcentaje de HR de ZONA B llegando, incluso, a superarlo en pocas ocasiones del día, pero se mantiene generalmente por debajo.

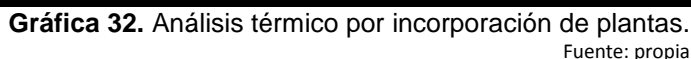
**Conclusiones:**

La implementación de la chimenea solar tiene un impacto favorable en la disminución térmica de la Zona C, afectando también de manera favorable a la Zona B, siendo un aspecto positivo de la estrategia general pues produce un acercamiento que significa un paso muy importante en el avance de esta estrategia de bioclimatización, donde cada vez se tiene un mayor acercamiento hacia la zona de confort para los huéspedes.

**Nota:**

Para consultar los datos numéricos obtenidos desde los dispositivos de medición *datalogger*, consultar anexo 8.10.

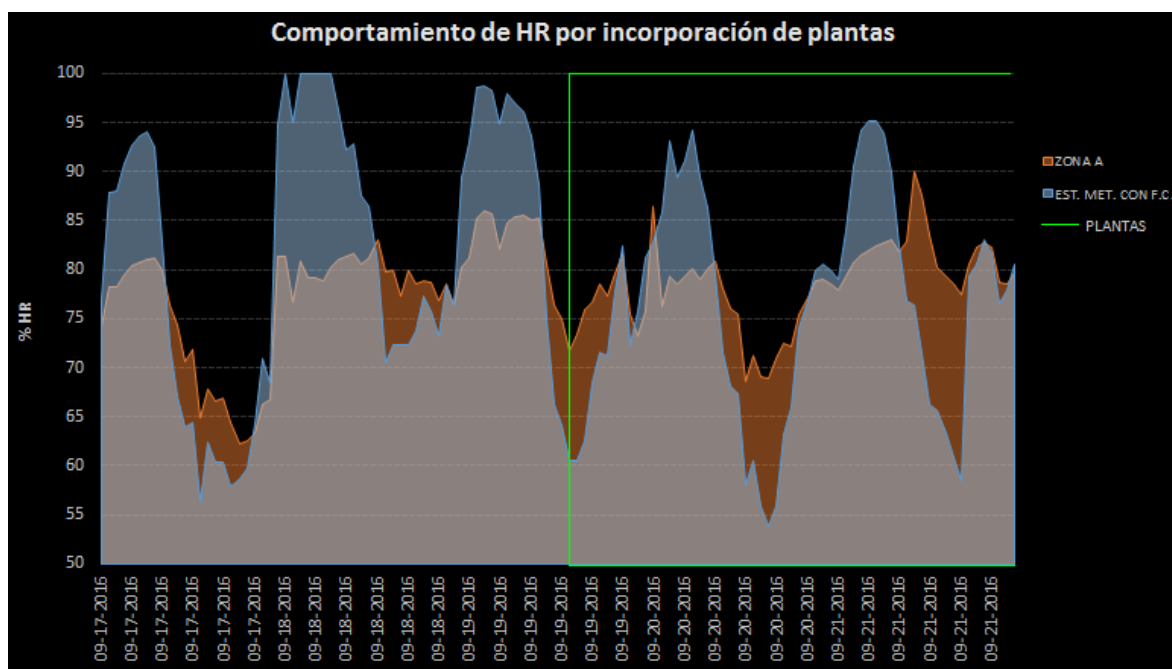
**Análisis térmico por incorporación de plantas del día 17 al día 21 de septiembre de 2016.**



TOG 169

En un análisis posterior, las plantas mediante su evapotranspiración lograron reducir la temperatura en 4.3°C <sup>13</sup>.

### **Análisis de HR por incorporación de plantas del día 17 al día 21 de septiembre de 2016.**



**Gráfica 33.** Análisis de HR por incorporación de plantas.

Fuente: propia

En la cuestión de niveles en porcentaje de HR, la incorporación de plantas, dentro de la Fase A, supone un incremento en la humedad de la zona A, sin embargo, aunque este incremento se expresa moderadamente en los puntos críticos de alta humedad debido a que las plantas ejercen una regulación de humedad ambiental (Chanampa, 2009: 63), en los puntos críticos de baja humedad no lo es, pues al observar el comportamiento de RH de la estación meteorológica en sus puntos críticos más bajos antes de la incorporación de plantas, es notorio ver cómo después de la misma, estos puntos críticos externos tienen una gran diferencia debido al aumento en la humedad de la Zona A una vez incorporadas las plantas, es decir, cuando la humedad externa a la casa tiene sus niveles mínimos, dentro de la Zona A, la humedad perdura más tiempo y en mayor porcentaje, lo que nos da a

<sup>13</sup> Para mayor información, consultar el análisis del día 5 de la Fase D.



entender que las plantas realizan un efecto retardante, por lo que si se tiene la temperatura ideal esto podría ser muy útil en cuestiones de confort, pero si la temperatura no es la ideal, entonces se tiene un factor de humedad que puede resultar en un estrés higrotérmico hacia los usuarios de la casa del proyecto, proveyendo diversos malestares, como: sensación de náuseas, irritabilidad en el estado de ánimo, entre otras.

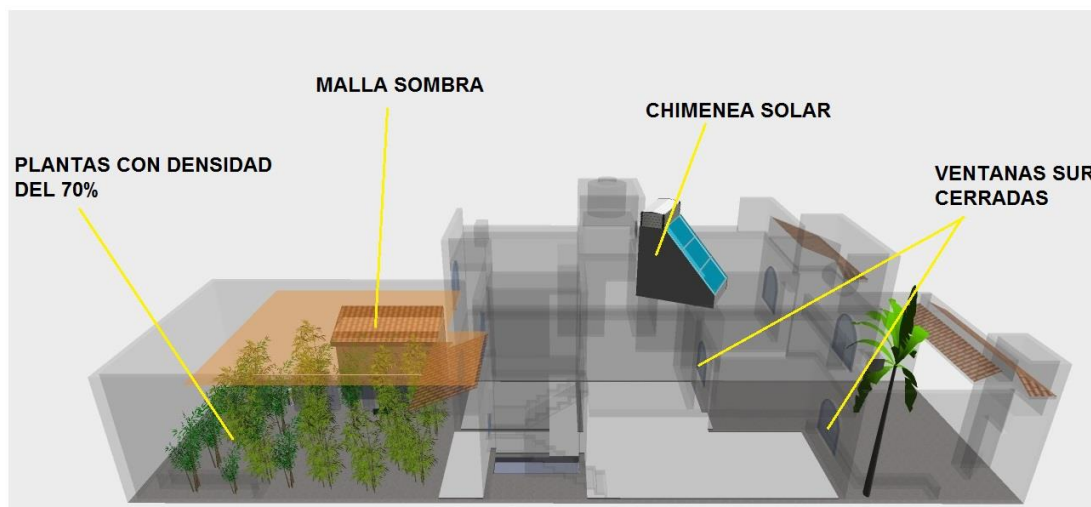
**Nota:**

Para consultar los datos numéricos obtenidos desde los dispositivos *datalogger*, consultar anexo 8.11.

#### 4.8.7 Ejecución del Sistema Experimental de Acondicionamiento Térmico Mediante Manejo Microclimático

##### Fase A – Día 1 (20 de septiembre de 2016)

La siguiente imagen muestra las estrategias implementadas en este día de experimentación:



**Imagen F01.** Fase A, Día 1 (20 de septiembre de 2016)

Fuente: propia

El siguiente recuadro muestra los sucesos que acontecieron en este día de experimentación, cada suceso puede ser un factor determinante en el comportamiento higrotérmico que se analiza más adelante.

##### **Sucesos:**

##### **10:30 a.m.**

Se realiza la instalación del marco de aluminio y el cristal.

##### **10:00 p.m.**

Se hace una evaluación cualitativa del sistema implementado y se concuerda en que el patio no ha producido un descenso térmico considerable -sólo uno ligeramente fresco-, se sospecha que es por ausencia de riego y ausencia de movimiento de aire, pues el patio está ubicado en el norte de la casa y los vientos dominantes vienen desde el suroeste.

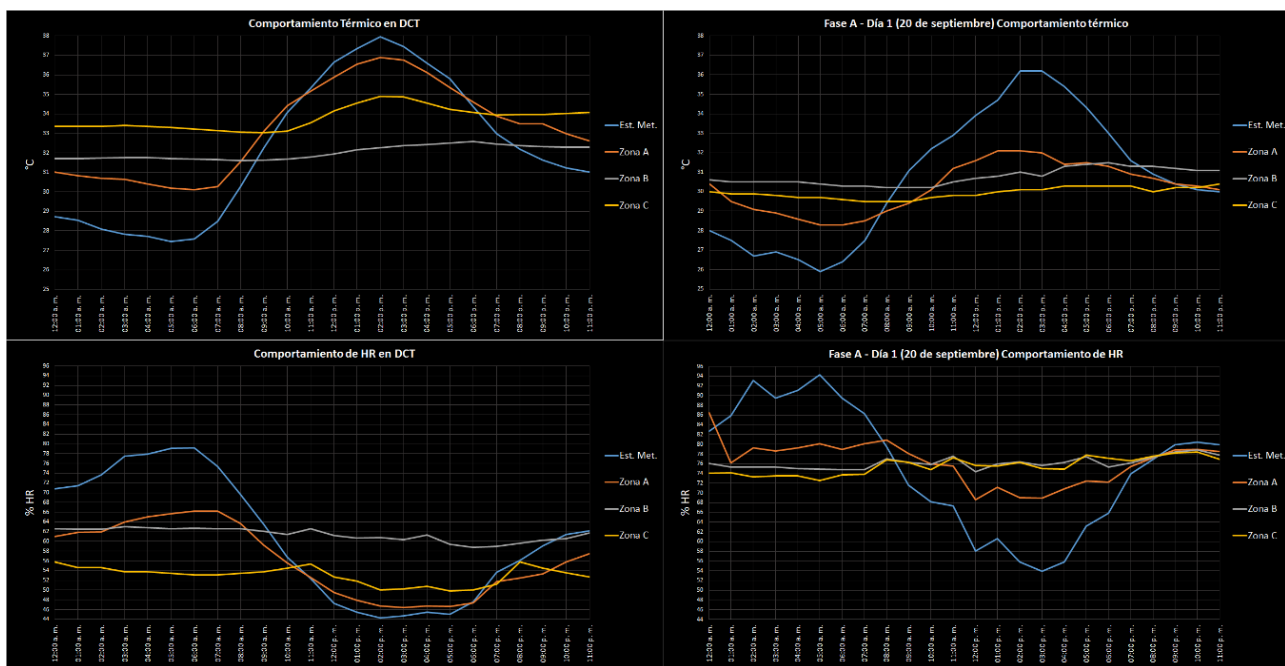
Los valores registrados en este día tanto de temperatura como de HR en cada una de las zonas y en la estación meteorológica automatizada son mostradas en la siguiente tabla:

Fecha	Hora	Est. Met.		Zona A		Zona B		Zona C	
		Est. Met. Temp	Est. Met. HR	Z.A. Temp	Z.A. HR	Z.B. Temp	Z.B. HR	Z.C. Temp	Z.C. HR
20/09/2016	12:00 a. m.	28	82.7	30.4	86.5	30.6	76.1	30	74.1
20/09/2016	01:00 a. m.	27.5	85.9	29.5	76.2	30.5	75.3	29.9	74.2
20/09/2016	02:00 a. m.	26.7	93.1	29.1	79.3	30.5	75.3	29.9	73.3
20/09/2016	03:00 a. m.	26.9	89.5	28.9	78.6	30.5	75.3	29.8	73.5
20/09/2016	04:00 a. m.	26.5	91.1	28.6	79.3	30.5	75	29.7	73.5
20/09/2016	05:00 a. m.	25.9	94.3	28.3	80.1	30.4	74.9	29.7	72.6
20/09/2016	06:00 a. m.	26.4	89.5	28.3	79	30.3	74.8	29.6	73.7
20/09/2016	07:00 a. m.	27.5	86.3	28.5	80.1	30.3	74.8	29.5	73.8
20/09/2016	08:00 a. m.	29.4	79.5	29	80.9	30.2	77	29.5	76.8
20/09/2016	09:00 a. m.	31.1	71.6	29.4	78.1	30.2	76.3	29.5	76.3
20/09/2016	10:00 a. m.	32.2	68.2	30.1	76	30.2	75.9	29.7	74.8
20/09/2016	11:00 a. m.	32.9	67.3	31.2	75.5	30.5	77.6	29.8	77.3
20/09/2016	12:00 p. m.	33.9	58.1	31.6	68.6	30.7	74.4	29.8	75.7
20/09/2016	01:00 p. m.	34.7	60.6	32.1	71.2	30.8	76	30	75.5
20/09/2016	02:00 p. m.	36.2	55.8	32.1	69	31	76.4	30.1	76.3
20/09/2016	03:00 p. m.	36.2	53.9	32	68.9	30.8	75.6	30.1	75
20/09/2016	04:00 p. m.	35.4	55.8	31.4	70.9	31.3	76.3	30.3	74.9
20/09/2016	05:00 p. m.	34.3	63.2	31.5	72.5	31.4	77.5	30.3	77.8
20/09/2016	06:00 p. m.	33	65.9	31.3	72.2	31.5	75.3	30.3	77.1
20/09/2016	07:00 p. m.	31.6	74	30.9	75.4	31.3	76.2	30.3	76.6
20/09/2016	08:00 p. m.	30.9	76.9	30.7	77.2	31.3	77.4	30	77.6
20/09/2016	09:00 p. m.	30.4	79.9	30.4	78.8	31.2	78.4	30.2	78.2
20/09/2016	10:00 p. m.	30.1	80.5	30.3	79	31.1	78.8	30.2	78.4
20/09/2016	11:00 p. m.	30	79.9	30.1	78.5	31.1	77.8	30.4	76.9

**Tabla 12.** Registro de valores de temperatura y HR del día 20 de septiembre de 2016

Fuente: propia

Las siguientes gráficas nos muestran el comportamiento gráfico de manera lineal de los valores registrados en la tabla anterior: primero, horizontalmente, y en la parte superior, se muestran dos gráficas: la gráfica del comportamiento térmico del DCT y la del comportamiento térmico del día aquí analizado para ser comparadas entre sí, dándonos una referencia visual de los impactos obtenidos en la cuestión térmica mediante la estrategia aplicada este día; después, también horizontalmente, pero en la parte inferior, se muestran las gráficas de los porcentajes de HR tanto del DCT como del día analizado en esta sección para ser también una comparativa visual entre ambos.



**Gráfica 34.** Análisis comparativos de temperatura y de humedad entre DCT y Día 1 de Fase A

Fuente: propia

## Análisis:

Hasta el momento se tiene una estrategia implementada que consta de los siguientes elementos: Chimenea solar en azotea; malla sombra en patio; plantas en patio; sistema de humidificación por brisa.

Al parecer la chimenea solar, que aún no se encuentra finalizada en su construcción -pues le falta el elemento de coronación metálica que tiene rejillas que sirven como respiradero-, no parece hacer la succión de aire caliente suficiente como para aspirar el microclima implementado en el patio. Algunas de las causas probables son: que la chimenea sí está generando succión de aire caliente, pero la malla sombra en patio, debido a la falta de ventilación, está generando un efecto invernadero que tiende a calentar el posible microclima implementado, por lo que el interior de la casa no parece cambiar significativamente en la percepción de los huéspedes. Además, las plantas en el patio están a 2 metros de distancia del acceso principal y no fueron regadas porque necesitan un riego cada dos días, mañana serán regadas a las 10 a.m. como sugirió el biólogo Saturnino Díaz, quien menciona que para obtener plantas evapotranspirantes con una eficiencia aproximada de 5

horas, las plantas se rieguen a las 8 a.m.; y, para tener una eficiencia de evapotranspiración de 8 horas, se rieguen a las 10 a.m. Las modificaciones que se harán se refieren a lo siguiente: acercar las plantas al acceso principal de succión de microclima, es decir, la puerta del patio; se tendrá un riego a las 10 a.m.; también se realizará una prueba de sensación epidérmica (mediante la piel) sobre el rendimiento de la chimenea, para esto se cerrarán todos los accesos de aire y sólo se abrirá una ventana que da a las escaleras, pues no tiene influencia de estar contenida dentro del patio, que no está recibiendo la ventilación mediante vientos dominantes por estar ubicado al norte y tener la malla sombra como escudo.

### Resultados:

Las tablas que se mostrarán a continuación son comparativas y muestran el impacto máximo registrado (favorable o desfavorable, dependiendo sea el caso) que sucede en la hora pico del día que se estudia respecto al exterior de la vivienda. Es importante mencionar que la comparativa se muestra con signos negativo (-) y positivo (+) dependiendo de si la temperatura o el porcentaje de HR están por encima (usando el positivo) o por debajo (usando el negativo) del nivel con el que están siendo comparados.

En la primera tabla se muestra la referencia del estado original de la vivienda mediante la tabla que describe el DCT enfocada a la hora pico del día que se analiza en esta sección, describiendo de esta manera la temperatura respecto al exterior de cada una de las zonas del proyecto y la diferencia en porcentaje de HR que cada una de estas zonas tiene con respecto al porcentaje exterior en el DCT. La tabla comparativa que muestra la referencia que da el DCT se muestra a continuación:

### **Referencia del DCT en la hora pico del día analizado:**

Zonas del proyecto	Temperatura respecto al exterior (°C)	Humedad Relativa respecto al exterior (%)
Zona A	-1.0 °C en hora pico (2:00 p.m.)	+2.5%
Zona B	-5.7°C en hora pico (2:00 p.m.)	+16.5%
Zona C	-3.0°C en hora pico (2:00 p.m.)	+5.8%

**Tabla 13.** Comparativa no. 1 del día 1 de Fase A. Fuente: propia

En la segunda tabla se muestra el impacto de cada una de las zonas del proyecto con respecto al estado de cada una de las zonas del DCT en la misma hora pico del día que se está analizando, y la diferencia del porcentaje de HR se muestra con respecto a la línea graficada de HR exterior que nos proporciona la estación meteorológica en este mismo día analizado. La segunda tabla se muestra a continuación:

**Resultados comparativos y de impactos del día 1 de experimentación de Fase A, correspondiente al día 20 de septiembre de 2016.**

Zonas de proyecto	Temperatura respecto exterior (°C)	Impacto positivo respecto a DCT	Impacto negativo Respecto a DCT	Humedad Relativa respecto exterior (%)
Zona A	-4.2°C en hora pico (2:00 p.m.)	-3.2°C	x	+13.2%
Zona B	-5.2°C en hora pico (2:00 p.m.)	x	-0.5°C	+20.6%
Zona C	-6.1°C en hora pico (2:00 p.m.)	-3.1°C	x	+20.5%

**Tabla 14.** Comparativa no. 2 del día 1 de Fase A. Fuente: propia

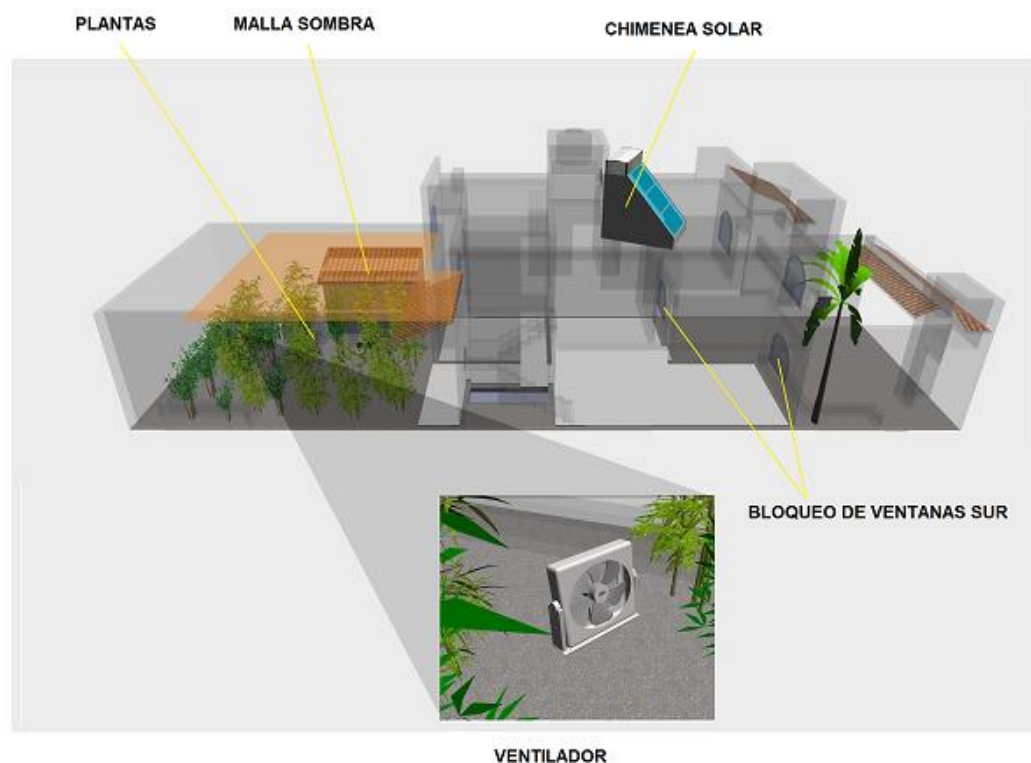
Finalmente, es importante mencionar que la comparativa se muestra con signos negativo (-) y positivo (+) dependiendo de si la temperatura o el porcentaje de HR están por encima (usando el positivo) o por debajo (usando el negativo) del nivel con el que están siendo comparados, además se distinguen con colores dependiendo del impacto: con azul cielo, impacto favorable; con amarillo, un impacto desfavorable; con azul marino se distingue al impacto favorable de mayor magnitud. Los impactos insignificantes (menores a 0.5°C) o nulos no se distinguen en ningún color.

La tabla anterior muestra los resultados obtenidos a la hora pico del día analizado, en este caso a las 2:00 p.m. Dichos resultados son en comparación con los que se obtienen de la estación meteorológica automatizada ubicada en la Estación Climatológica de la U.A.S. que se encuentra a menos de un kilómetro de distancia con el proyecto.



## Fase A - Día 2 (21 de septiembre de 2016)

La siguiente imagen muestra las estrategias implementadas en este día de experimentación:



**Imagen F02.** Fase A, Día 2 (21 de septiembre de 2016)

Fuente: propia

El siguiente recuadro muestra los sucesos que acontecieron en este día de experimentación, cada suceso puede ser un factor determinante en el comportamiento higrotérmico que se analiza más adelante.

### Sucesos:

**12:00 a.m.**

Se mantienen cerradas todas las ventanas sur de la casa.

**8:00 a.m.**

Se coloca un pequeño ventilador en el extremo norte del patio para estar generando una pequeña corriente que simula la ventilación ausente debido a la malla sombra, se esperarán resultados del dispositivo *datalogger* para ver si esto impacta positivamente en la generación del microclima del patio.

**10:00 a.m.**

Se hace un riego general de plantas en patio, con manguera con pistola de presión y se utiliza el sistema de humidificación al final del riego durante 3 minutos.

**2:30 p.m.**

Una de las personas huésped hace una queja sobre sentirse sofocada y con náuseas por efecto de la ausencia de ventilación, el calor y el exceso de humedad, pues la fase A del proyecto consta en cerrar todas las ventanas que dan al sur de la casa, manteniendo abiertas únicamente las del norte (en donde se ubican las plantas en esta etapa, es decir, hacia el patio), por otro lado menciona que la planta alta ha tenido un impacto positivo gracias a la chimenea solar, pues se siente fresca a comparación de cuando no se tenía implementada.

**4:20 p.m.**

Un huésped distinto al anterior llega a la casa después de un trayecto considerable a pie por la ciudad, y menciona que la casa se siente fresca pero demasiado húmeda.

**9:20 p.m.**

Se instalan lonas laterales para funcionar como escudo solar en los muros de la cara este de la casa, el día de mañana se verán reflejados en las mediciones con los dispositivos *datalogger* si su funcionamiento es correcto.

Los valores registrados en este día tanto de temperatura como de HR en cada una de las zonas y en la estación meteorológica automatizada son mostradas en la siguiente tabla:

		Est. Met.		Zona A		Zona B		Zona C	
Fecha	Hora	Est. Met. Temp	Est. Met. HR	Z.A. Temp	Z.A. HR	Z.B. Temp	Z.B. HR	Z.C. Temp	Z.C. HR
21/09/2016	12:00 a. m.	29.9	79	30.1	78	31	77.5	30.3	75.4
21/09/2016	01:00 a. m.	29.4	84	29.9	79.4	31	76.8	30.2	74.4
21/09/2016	02:00 a. m.	28.3	90.5	29.7	80.7	31	77.1	30.3	74.9
21/09/2016	03:00 a. m.	27.6	94.3	29.4	81.5	30.9	77.2	30.2	75.3
21/09/2016	04:00 a. m.	27.4	95.2	29.3	82	30.8	77.3	30.2	75.5
21/09/2016	05:00 a. m.	27.4	95.2	29.1	82.5	30.7	77.3	30.1	75.5
21/09/2016	06:00 a. m.	27.6	93.9	29	82.8	30.7	77.3	30.1	75.8
21/09/2016	07:00 a. m.	28.6	89.9	29.3	83	30.7	77.2	30	75.6
21/09/2016	08:00 a. m.	29.7	82.4	29.5	81.8	30.6	78.8	29.9	78.2
21/09/2016	09:00 a. m.	31.4	76.9	30	82.9	30.7	80.1	30	79.7
21/09/2016	10:00 a. m.	32.1	76.4	30	90.1	30.9	85	30	85
21/09/2016	11:00 a. m.	33.1	71.4	30.5	87.6	31.1	85.5	30.1	85
21/09/2016	12:00 p. m.	34.3	66.2	31.2	83.5	31.2	83.6	30.3	82.6
21/09/2016	01:00 p. m.	35.3	65.7	31.8	80.3	31.3	82.5	30.3	81.7
21/09/2016	02:00 p. m.	35.7	63.3	31.4	79.4	31.2	82.5	30.4	81.5
21/09/2016	03:00 p. m.	36.2	60.8	31.8	78.5	31.3	81.7	30.5	80.7
21/09/2016	04:00 p. m.	35.9	58.5	31.6	77.5	31.3	82.2	30.6	79.6
21/09/2016	05:00 p. m.	32.1	79.4	31.3	80.6	31.5	82.6	30.5	83.5
21/09/2016	06:00 p. m.	31.5	80.6	30.9	82.3	31.9	83.9	30.7	83.5
21/09/2016	07:00 p. m.	30.9	83.1	30.7	82.7	31.7	82	30.5	83.5
21/09/2016	08:00 p. m.	30.7	81.6	30.5	82.3	31.5	81.7	30.6	82.4
21/09/2016	09:00 p. m.	30.6	76.6	30.4	78.7	31.4	79.8	30.6	80.4
21/09/2016	10:00 p. m.	30.3	78	30.3	78.5	31.2	78.2	30.7	77.9
21/09/2016	11:00 p. m.	30	80.6	30.2	79.7	31.3	78.5	30.7	77.7

**Tabla 15.** Valores de temperatura y HR del día 21 de septiembre de 2016

Fuente: propia

Las siguientes gráficas nos muestran el comportamiento gráfico de manera lineal de los valores registrados en la tabla anterior: primero, horizontalmente, y en la parte superior, se muestran dos gráficas: la gráfica del comportamiento térmico del DCT y la del comportamiento térmico del día aquí analizado para ser comparadas entre sí, dándonos una referencia visual de los impactos obtenidos en la cuestión térmica mediante la estrategia aplicada este día; después, también horizontalmente, pero en la parte inferior, se muestran las gráficas de los porcentajes de HR tanto del DCT como del día analizado en esta sección para ser también una comparativa visual entre ambos.



**Gráfica 35.** Análisis comparativos de temperatura y de humedad entre DCT y Día 2 de Fase A

Fuente: propia

## Análisis:

A esta altura del proyecto se tienen implementadas distintas técnicas pasivas estratégicas para reducción térmica: primeramente, la malla sombra, que amortigua el calor radiante del sol hacia la plancha de concreto de la Zona A; seguido, de las plantas que, mediante la evapotranspiración y la superficie foliar, reducen la temperatura, aumentan la humedad y producen sombra en el concreto; después, la chimenea solar, que se encarga de expulsar el aire caliente acumulado en la casa; se realiza un riego general en plantas y se utiliza también el sistema de humidificación; finalmente, se coloca un ventilador en el extremo norte del patio, para generar corriente de aire y con esta provocar la aireación que necesitan las plantas para lograr una reducción térmica circundante.

La casa se siente fresca, pero con exceso de humedad y esto ocasiona *estrés higrotérmico* en los huéspedes. Aunque se tuvo una reducción térmica en Zona A y C, es necesario reducir todavía más la temperatura en Zona B y controlar a la humedad en Zonas B y C, pues como ya se ha mencionado la alta temperatura aunada a la alta humedad ocasiona *estrés higrotérmico*.

El hecho de mantener las ventanas sur cerradas impactó desfavorablemente en la casa pues no se tuvo una circulación de aire interior satisfactoria proveniente del patio y que introdujera parte del microclima a la Zona B.

### Resultados:

Las tablas que se mostrarán a continuación son comparativas y muestran el impacto máximo registrado (favorable o desfavorable, dependiendo sea el caso) que sucede en la hora pico del día que se estudia respecto al exterior de la vivienda. Es importante mencionar que la comparativa se muestra con signos negativo (-) y positivo (+) dependiendo de si la temperatura o el porcentaje de HR están por encima (usando el positivo) o por debajo (usando el negativo) del nivel con el que están siendo comparados.

En la primera tabla se muestra la referencia del estado original de la vivienda mediante la tabla que describe el DCT enfocada a la hora pico del día que se analiza en esta sección, describiendo de esta manera la temperatura respecto al exterior de cada una de las zonas del proyecto y la diferencia en porcentaje de HR que cada una de estas zonas tiene con respecto al porcentaje exterior mostrado en el DCT. La primera tabla comparativa mostrando la referencia que da el DCT se muestra a continuación:

### **Referencia del DCT en la hora pico del día analizado:**

Zonas del proyecto	Temperatura respecto al exterior (°C)	Humedad (%HR) respecto a la estación meteorológica
Zona A	-0.7°C (3:00 p.m.)	+1.7% (3:00 p.m.)
Zona B	-5.1°C (3:00 p.m.)	+15.6% (3:00 p.m.)
Zona C	-2.6°C (3:00 p.m.)	+5.5% (3:00 p.m.)

**Tabla 16.** Comparativa no. 1 del día 2 de Fase A. Fuente: propia

En la segunda tabla, se muestra el impacto de cada una de las zonas del proyecto con respecto al estado de cada una de las zonas del DCT en la misma hora pico del día que se está analizando, y la diferencia del porcentaje de HR se muestra con respecto a la línea graficada de HR exterior que nos proporciona la estación meteorológica en este mismo día analizado. La segunda tabla se muestra a continuación:

**Resultados comparativos y de impactos del día 2 de experimentación de Fase A, correspondiente al día 21 de septiembre de 2016.**

Zonas del proyecto	Temperatura respecto al exterior (°C)	Impacto positivo respecto a DCT	Impacto negativo respecto a DCT	Humedad Relativa respecto al exterior (%)
Zona A	-4.4°C (3:00 p.m.)	-3.7°C	x	+17.7% (3:00 p.m.)
Zona B	-4.9°C (3:00 p.m.)	x	+0.2°C	+20.9% (3:00 p.m.)
Zona C	-5.7°C (3:00 p.m.)	-3.1°C	x	+19.9% (3:00 p.m.)

**Tabla 17.** Comparativa no. 2 del día 2 de Fase A. Fuente: propia

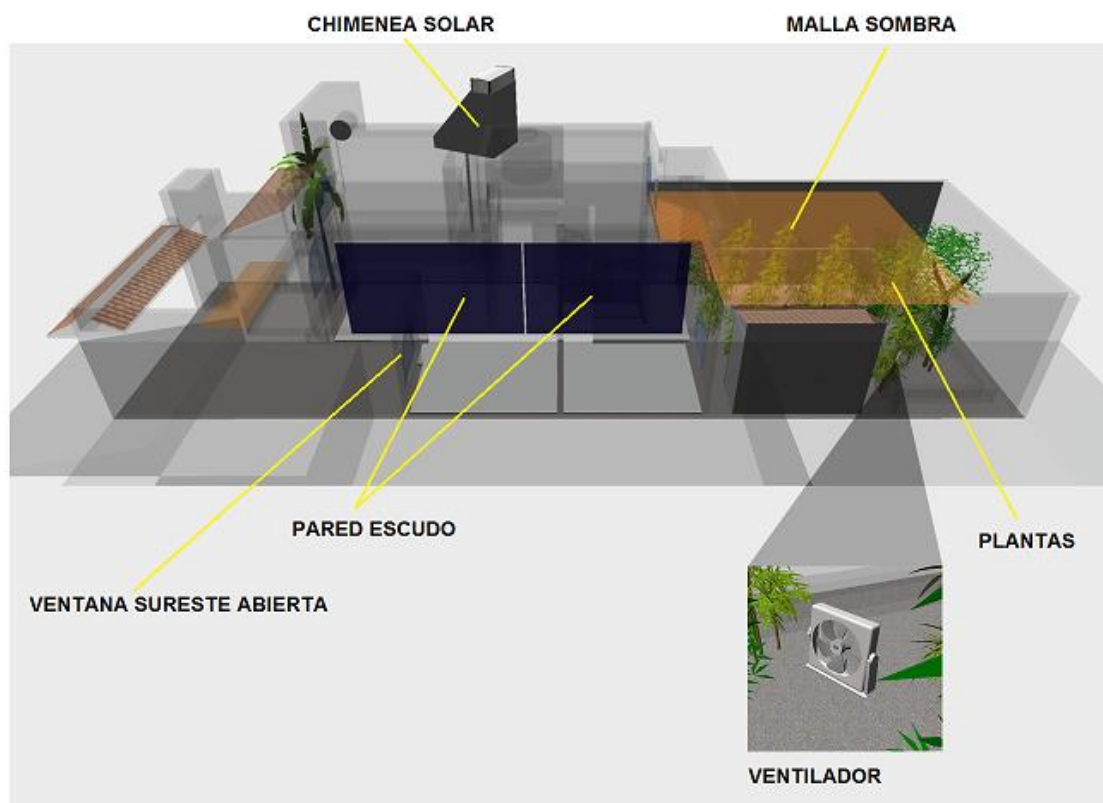
Finalmente, es importante mencionar que la comparativa se muestra con signos negativo (-) y positivo (+) dependiendo de si la temperatura o el porcentaje de HR están por encima (usando el positivo) o por debajo (usando el negativo) del nivel con el que están siendo comparados además de los colores distintivos ya mencionados.

La tabla anterior muestra los resultados obtenidos a la hora pico del día analizado, en este caso a las 3:00 p.m. Dichos resultados son en comparación con los que se obtienen de la estación meteorológica automatizada ubicada en la Estación Climatológica de la U.A.S. que se encuentra a menos de un kilómetro de distancia con el proyecto.



### Fase A - Día 3 (23 de septiembre de 2016)

La siguiente imagen muestra las estrategias implementadas en este día de experimentación:



**Imagen F03.** Fase A, Día 3 (23 de septiembre de 2016)

Fuente: propia

El siguiente recuadro muestra los sucesos que acontecieron en este día de experimentación, cada suceso puede ser un factor determinante en el comportamiento higrotérmico que se analiza más adelante.

#### Sucesos:

##### **7:00 a.m.**

Se abre la puerta del patio. El patio se siente muy fresco en comparación con el interior de la casa.

##### **7:30 a.m.**

Se coloca protección escudo de muro para evitar sobrecalentamiento de la pared este.

**4:30 p.m.**

Se registra una lluvia moderada con una duración de 20 minutos aproximadamente.

**5:50 p.m.**

Se tocan las paredes este con las manos para ver si el escudo solar de lona funcionó, parece ser que sí porque la pared está fresca, a comparación de otros días que no se tenía el escudo y se encontraban calientes a esta hora. También puede influir que el día está nublado, por lo que si mañana es soleado se tendrá un resultado más fiable.

**6:30 p.m.**

Se utilizó la cocina, calentando la planta baja (Zona B).

**11:00 p.m.**

Los usuarios están en sus cuartos sin encender el aire acondicionado, pues la casa se siente fresca, que puede ser por la generación microclimática, por el clima nublado y lluvioso del día, o por ambas.

**11:30 p.m.**

La casa “duerme” con la puerta del patio abierta y las ventanas en planta baja de la cara sur de la casa.

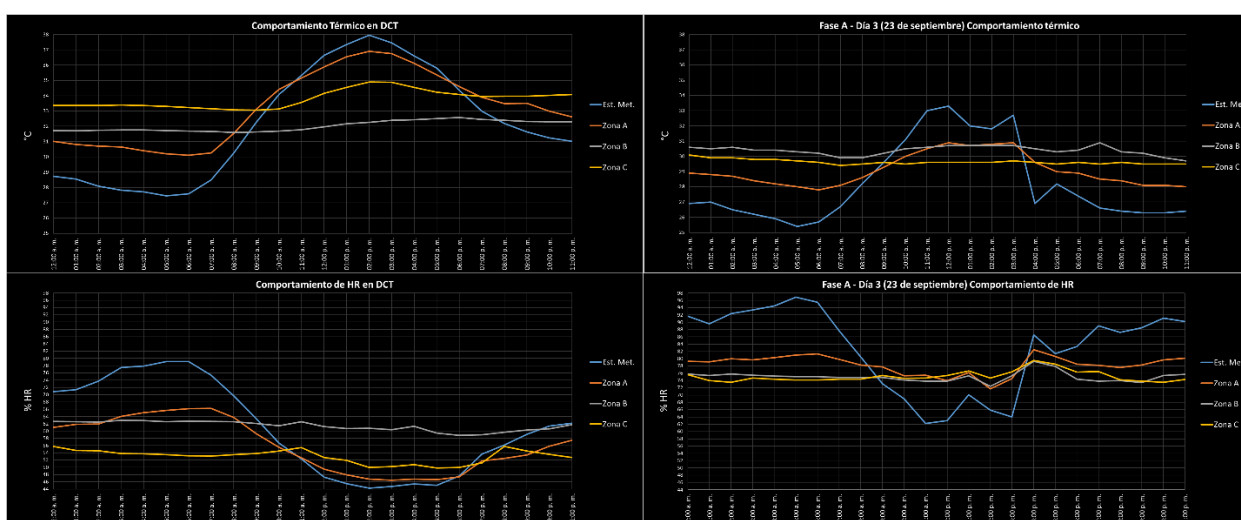
Los valores registrados en este día tanto de temperatura como de HR en cada una de las zonas y en la estación meteorológica automatizada son mostradas en la siguiente tabla:

Fecha	Hora	Est. Met.		Zona A		Zona B		Zona C	
		Est. Met. Terr	Est. Met. HR	Z.A. Temp	Z.A. HR	Z.B. Temp	Z.B. HR	Z.C. Temp	Z.C. HR
23/09/2016	12:00 a. m.	26.9	91.7	28.9	79.3	30.6	75.8	30.1	75.6
23/09/2016	01:00 a. m.	27	89.6	28.8	79.1	30.5	75.4	29.9	74
23/09/2016	02:00 a. m.	26.5	92.4	28.7	80	30.6	75.8	29.9	73.5
23/09/2016	03:00 a. m.	26.2	93.4	28.4	79.7	30.4	75.5	29.8	74.7
23/09/2016	04:00 a. m.	25.9	94.5	28.2	80.3	30.4	75.2	29.8	74.4
23/09/2016	05:00 a. m.	25.4	96.9	28	81	30.3	75.1	29.7	74.1
23/09/2016	06:00 a. m.	25.7	95.5	27.8	81.3	30.2	75.1	29.6	74.1
23/09/2016	07:00 a. m.	26.7	87.7	28.1	79.8	29.9	74.8	29.4	74.4
23/09/2016	08:00 a. m.	28.2	80.5	28.6	78.3	29.9	74.8	29.5	74.4
23/09/2016	09:00 a. m.	29.6	73.1	29.3	77.7	30.2	74.8	29.6	75.4
23/09/2016	10:00 a. m.	31.1	69	30	75.3	30.5	74.1	29.5	74.6
23/09/2016	11:00 a. m.	33	62.2	30.5	75.5	30.6	73.8	29.6	74.7
23/09/2016	12:00 p. m.	33.3	63	30.9	74	30.7	73.8	29.6	75.4
23/09/2016	01:00 p. m.	32	70.1	30.7	76.2	30.7	75.3	29.6	76.6
23/09/2016	02:00 p. m.	31.8	65.9	30.8	71.7	30.7	72.4	29.6	74.7
23/09/2016	03:00 p. m.	32.7	64	30.9	74.5	30.7	75.3	29.7	76.4
23/09/2016	04:00 p. m.	26.9	86.5	29.6	82.5	30.5	79.3	29.6	79.5
23/09/2016	05:00 p. m.	28.2	81.4	29	80.6	30.3	77.9	29.5	78.5
23/09/2016	06:00 p. m.	27.4	83.3	28.9	78.5	30.4	74.4	29.6	76.3
23/09/2016	07:00 p. m.	26.6	89	28.5	78.2	30.9	73.8	29.5	76.5
23/09/2016	08:00 p. m.	26.4	87.2	28.4	77.6	30.3	74	29.6	74.2
23/09/2016	09:00 p. m.	26.3	88.5	28.1	78.3	30.2	73.4	29.5	73.8
23/09/2016	10:00 p. m.	26.3	91.1	28.1	79.7	29.9	75.4	29.5	73.5
23/09/2016	11:00 p. m.	26.4	90.2	28	80.1	29.7	75.7	29.5	74.3

**Tabla 18.** Valores de temperatura y HR del día 23 de septiembre de 2016

Fuente: propia

Las siguientes gráficas nos muestran el comportamiento gráfico de manera lineal de los valores registrados en la tabla anterior: primero, horizontalmente, y en la parte superior, se muestran dos gráficas: la gráfica del comportamiento térmico del DCT y la del comportamiento térmico del día aquí analizado para ser comparadas entre sí, dándonos una referencia visual de los impactos obtenidos en la cuestión térmica mediante la estrategia aplicada este día; después, también horizontalmente, pero en la parte inferior, se muestran las gráficas de los porcentajes de HR tanto del DCT como del día analizado en esta sección para ser también una comparativa visual entre ambos.



**Gráfica 36.** Análisis comparativos de temperatura y de humedad entre DCT y Día 3 de Fase A

Fuente: propia

## Análisis:

El día analizado es un día que presenta una condición nublada y lluvias dispersas, por lo que la temperatura de la ciudad baja y la temperatura dentro de la casa tiene menos impacto con respecto al exterior de la misma. Sin embargo, uno de los puntos notorios que se pueden analizar aquí se refiere a que la Zona C, que originalmente era más caliente que la Zona B, ahora es menos caliente, mostrando un paralelismo a lo largo de todo el día con fluctuaciones que van desde 0.2°C hasta 1.4°C, esto debido a la implementación de la chimenea solar.

En la cuestión de HR, el dibujo lineal de las tres zonas analizadas muestra que se encuentran con muy poca distancia entre sí, lo que indica que la casa está teniendo una bioclimatización interna en donde la humedad externa ya se tiene también por dentro, esto, como bien se ha explicado a lo largo de este trabajo puede ser tanto un efecto positivo como uno contraproducente dependiendo de la temperatura que se tenga en cada zona.

Por otro lado, el comportamiento térmico de las zonas B y C en el DCT tiene una tendencia de aumento a lo largo del día -esto debido a la inercia térmica de los materiales constructivos de la misma y la actividad física de los usuarios, más el uso de la cocina-, y en el comportamiento que se tiene en este día, la temperatura tiene una tendencia de disminución a lo largo del día, esto gracias a la pared escudo este que evitó que las paredes este se calentaran y subieran de esta manera la temperatura de la Zona C y, por consiguiente, de la Zona B.

### Resultados:

Las tablas que se mostrarán a continuación son comparativas y muestran el impacto máximo registrado (favorable o desfavorable, dependiendo sea el caso) que sucede en la hora pico del día que se estudia respecto al exterior de la vivienda. Es importante mencionar que la comparativa se muestra con signos negativo (-) y positivo (+) dependiendo de si la temperatura o el porcentaje de HR están por encima (usando el positivo) o por debajo (usando el negativo) del nivel con el que están siendo comparados.

En la primera tabla se muestra la referencia del estado original de la vivienda mediante la tabla que describe el DCT enfocada a la hora pico del día que se analiza en esta sección, describiendo de esta manera la temperatura respecto al exterior de cada una de las zonas del proyecto y la diferencia en porcentaje de HR que cada una de estas zonas tiene con respecto al porcentaje exterior en el DCT. La primera tabla comparativa mostrando la referencia que da el DCT se muestra a continuación:

### Referencia del DCT en la hora pico del día analizado:

Zonas del proyecto	Temperatura respecto al exterior (°C)	Humedad Relativa respecto al exterior (%)
Zona A	-0.8°C (12:00 p.m.)	+2.1% (12:00 p.m.)
Zona B	-4.7°C (12:00 p.m.)	+13.9% (12:00 p.m.)
Zona C	-2.5°C (12:00 p.m.)	+5.3% (12:00 p.m.)

**Tabla 19.** Comparativa no. 1 del día 3 de Fase A. Fuente: propia

En la segunda tabla, se muestra el impacto de cada una de las zonas del proyecto con respecto al estado de cada una de las zonas del DCT en la misma hora pico del día que se está analizando, y la diferencia del porcentaje de HR se muestra con respecto a la línea graficada de HR exterior que nos proporciona la estación meteorológica en este mismo día analizado. La segunda tabla se muestra a continuación:

### Resultados comparativos y de impactos del día 3 de experimentación de Fase A, correspondiente al día 23 de septiembre de 2016.

Zonas del proyecto	Temperatura respecto al exterior (°C)	Impacto positivo respecto a DCT	Impacto negativo respecto a DCT	Humedad Relativa respecto al exterior (%)
Zona A	-2.4°C (12:00 p.m.)	-1.6°C	x	+11% (12:00 p.m.)
Zona B	-2.6°C (12:00 p.m.)	x	+2.1°C	+10.8% (12:00 p.m.)
Zona C	-3.7°C (12:00 p.m.)	-1.2°C	x	+12.4 % (12:00 p.m.)

**Tabla 20.** Comparativa no. 2 del día 3 de Fase A. Fuente: propia

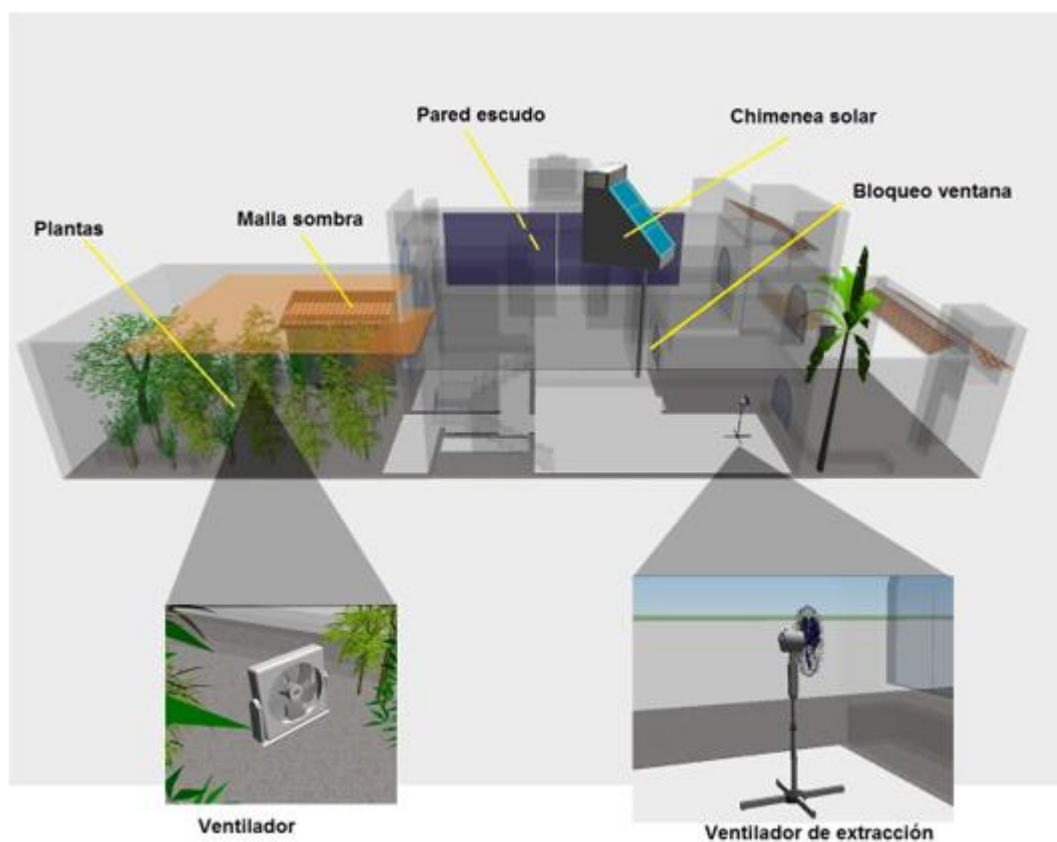
Finalmente, es importante mencionar que la comparativa se muestra con signos negativo (-) y positivo (+) dependiendo de si la temperatura o el porcentaje de HR están por encima (usando el positivo) o por debajo (usando el negativo) del nivel con el que están siendo comparados además de los colores distintivos ya mencionados.

La tabla anterior muestra los resultados obtenidos a la hora pico del día analizado, en este caso a las 12:00 p.m. Dichos resultados son en comparación con los que se obtienen de la estación meteorológica automatizada ubicada en la Estación Climatológica de la U.A.S. que se encuentra a menos de un kilómetro de distancia con el proyecto.



## Fase A – Día 4 (24 de septiembre de 2016)

La siguiente imagen muestra las estrategias implementadas en este día de experimentación:



**Imagen F04.** Fase A, Día 4 (24 de septiembre de 2016)

Fuente: propia

El siguiente recuadro muestra los sucesos que acontecieron en este día de experimentación, cada suceso puede ser un factor determinante en el comportamiento higrotérmico que se analiza más adelante.

### Sucesos:

#### **6:30 a.m.**

Se cierra ventana de cochera (cara sur), y se pone un ventilador que funcionará como extractor todo el día, ubicado en la ventana de cocina.

**9:30 a.m.**

La planta baja se percibe fresca, pero no lo que se hubiera esperado, el higrómetro marca 28 °C y 80% de humedad.

**5:10 p.m.**

Se registra lluvia moderada y el cielo anuncia tormenta.

**6:10 p.m.**

La lluvia cesa.

**9:00 p.m.**

La lluvia vuelve y se mantiene toda la noche de una manera muy moderada.

Los valores registrados en este día tanto de temperatura como de HR en cada una de las zonas y en la estación meteorológica automatizada son mostradas en la siguiente tabla:

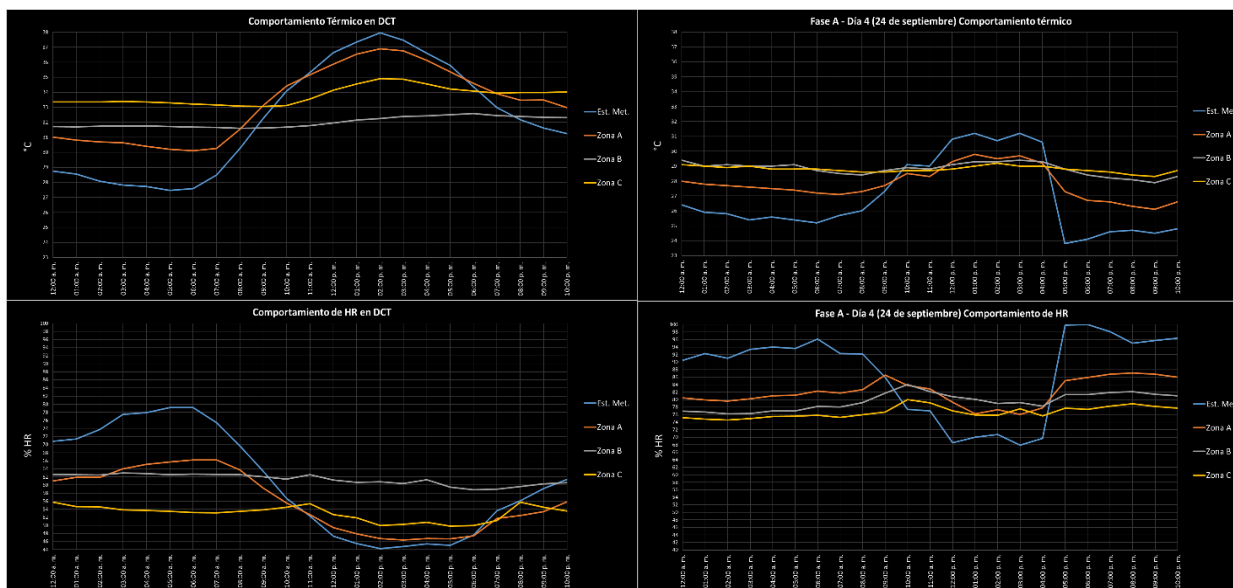
Fecha	Hora	Est. Met.		Zona A		Zona B		Zona C	
		Est. Met.	Terr Est. Met. HR	Z.A. Temp	Z.A. HR	Z.B. Temp	Z.B. HR	Z.C. Temp	Z.C. HR
24/09/2016	12:00 a. m.	26.4	90.5	28	80.5	29.4	76.9	29.1	75.2
24/09/2016	01:00 a. m.	25.9	92.3	27.8	79.9	29	76.7	29	74.8
24/09/2016	02:00 a. m.	25.8	91	27.7	79.6	29.1	76.2	28.9	74.6
24/09/2016	03:00 a. m.	25.4	93.4	27.6	80.2	29	76.3	29	75
24/09/2016	04:00 a. m.	25.6	94	27.5	81	29	77	28.8	75.5
24/09/2016	05:00 a. m.	25.4	93.6	27.4	81.2	29.1	77	28.8	75.6
24/09/2016	06:00 a. m.	25.2	96.1	27.2	82.3	28.7	78.2	28.8	75.8
24/09/2016	07:00 a. m.	25.7	92.3	27.1	81.7	28.5	78	28.7	75.3
24/09/2016	08:00 a. m.	26	92.1	27.3	82.7	28.4	79.2	28.6	76
24/09/2016	09:00 a. m.	27.3	85.9	27.7	86.5	28.7	81.7	28.6	76.7
24/09/2016	10:00 a. m.	29.1	77.4	28.5	83.8	28.9	84	28.7	80
24/09/2016	11:00 a. m.	29	77	28.3	82.8	28.8	82.1	28.7	79.1
24/09/2016	12:00 p. m.	30.8	68.5	29.3	79.3	29.1	80.8	28.8	77
24/09/2016	01:00 p. m.	31.2	70	29.8	76.2	29.3	80.1	29	75.9
24/09/2016	02:00 p. m.	30.7	70.7	29.5	77.3	29.3	79	29.2	75.8
24/09/2016	03:00 p. m.	31.2	67.9	29.7	76.1	29.4	79.2	29	77.6
24/09/2016	04:00 p. m.	30.6	69.7	29.2	77.8	29.3	78.3	29	75.7
24/09/2016	05:00 p. m.	23.8	99.8	27.3	85	28.8	81.3	28.8	77.7
24/09/2016	06:00 p. m.	24.1	100	26.7	85.9	28.4	81.3	28.7	77.4
24/09/2016	07:00 p. m.	24.6	98.1	26.6	86.8	28.2	81.9	28.6	78.3
24/09/2016	08:00 p. m.	24.7	95	26.3	87.1	28.1	82.1	28.4	78.9
24/09/2016	09:00 p. m.	24.5	95.7	26.1	86.8	27.9	81.4	28.3	78.2
24/09/2016	10:00 p. m.	24.8	96.4	26.6	86	28.3	81	28.7	77.7

**Tabla 21.** Valores de temperatura y HR del día 24 de septiembre de 2016

Fuente: propia

Las siguientes gráficas nos muestran el comportamiento gráfico de manera lineal de los valores registrados en la tabla anterior: primero, horizontalmente, y en la parte

superior, se muestran dos gráficas: la gráfica del comportamiento térmico del DCT y la del comportamiento térmico del día aquí analizado para ser comparadas entre sí, dándonos una referencia visual de los impactos obtenidos en la cuestión térmica mediante la estrategia aplicada este día; después, también horizontalmente, pero en la parte inferior, se muestran las gráficas de los porcentajes de HR tanto del DCT como del día analizado en esta sección para ser también una comparativa visual entre ambos.



**Gráfica 37.** Análisis comparativos de temperatura y de humedad entre DCT y Día 4 de Fase A

Fuente: propia

## Análisis:

Este día analizado nos sirve para comprender el comportamiento térmico y de humedad dentro y fuera de la casa que alberga al experimento en un día con lluvia. Como se muestra en la gráfica entre cuatro y cinco de la tarde se registra una lluvia que hace disminuir 6.8°C la temperatura externa a la casa (la captada por la estación meteorológica) en el lapso de una hora, y de igual manera, el porcentaje de HR sube un 30.1% llegando a 99.7% en total. Sin embargo, el comportamiento térmico de la casa es menos inestable, pues se trata de un lugar cerrado que tiene actividad interna y materiales constructivos que la hacen amortiguar este tipo de cambios bruscos, aunque es notorio que la línea de tendencia térmica va disminuyendo cuando en el DCT va en aumento y viceversa en la cuestión de HR.

La zona que más destaca su estabilidad de temperatura y de humedad es la Zona C, seguido por la Zona B, que, después de la lluvia pasa a ser más fresca que la anterior (Zona C), esto debido a la temperatura que recibe la Zona B viene de la Zona A que es 1.8°C más baja.

En la cuestión de humedad, las zonas se distinguen por estar más húmedas que las otras dependiendo de qué tan externas o internas sean en comparación con las demás, esto, claro, cuando se tiene una humedad alta en el exterior del proyecto. Por ejemplo, cuando la humedad exterior es alta, la Zona A es más húmeda que la B y ésta, a su vez, es más húmeda que la C. Sin embargo, las zonas B y C siempre llevan un paralelismo y no tienen ningún entrecruzamiento aun cuando la humedad externa disminuye altos niveles en porcentaje.

#### Resultados:

Las tablas que se mostrarán a continuación son comparativas y muestran el impacto máximo registrado (favorable o desfavorable, dependiendo sea el caso) que sucede en la hora pico del día que se estudia respecto al exterior de la vivienda. Es importante mencionar que la comparativa se muestra con signos negativo (-) y positivo (+) dependiendo de si la temperatura o el porcentaje de HR están por encima (usando el positivo) o por debajo (usando el negativo) del nivel con el que están siendo comparados.

En la primera tabla se muestra la referencia del estado original de la vivienda mediante la tabla que describe el DCT enfocada a la hora pico del día que se analiza en esta sección, describiendo de esta manera la temperatura respecto al exterior de cada una de las zonas del proyecto y la diferencia en porcentaje de HR que cada una de estas zonas tiene con respecto al porcentaje exterior en el DCT. La primera tabla comparativa mostrando la referencia que da el DCT se muestra a continuación:

### Referencia del DCT en la hora pico del día analizado:

Zonas del proyecto	Temperatura respecto al exterior (°C)	Humedad Relativa respecto al exterior (%)
Zona A	-0.8°C (1:00 p.m.)	+2.4% (1:00 p.m.)
Zona B	-5.2°C (1:00 p.m.)	+15.1% (1:00 p.m.)
Zona C	-2.8°C (1:00 p.m.)	+6.4% (1:00 p.m.)

**Tabla 22.** Comparativa no. 1 del día 4 de Fase A. Fuente: propia

En la segunda tabla, se muestra el impacto de cada una de las zonas del proyecto con respecto al estado de cada una de las zonas del DCT en la misma hora pico del día que se está analizando, y la diferencia del porcentaje de HR se muestra con respecto a la línea graficada de HR exterior que nos proporciona la estación meteorológica en este mismo día analizado. La segunda tabla se muestra a continuación:

### Resultados comparativos y de impactos del día 4 de experimentación de Fase A, correspondiente al día 24 de septiembre de 2016

Zonas del proyecto	Temperatura respecto al exterior (°C)	Impacto positivo respecto a DCT	Impacto negativo respecto a DCT	Humedad Relativa respecto al exterior (%)
Zona A	-1.4°C (1:00 p.m.)	-0.6°C	x	+6.2% (1:00 p.m.)
Zona B	-1.9°C (1:00 p.m.)	x	+3.3°C	+10.1% (1:00 p.m.)
Zona C	-2.2°C (1:00 p.m.)	-0.6°C	x	+5.9% (1:00 p.m.)

**Tabla 23.** Comparativa no. 2 del día 4 de Fase A. Fuente: propia

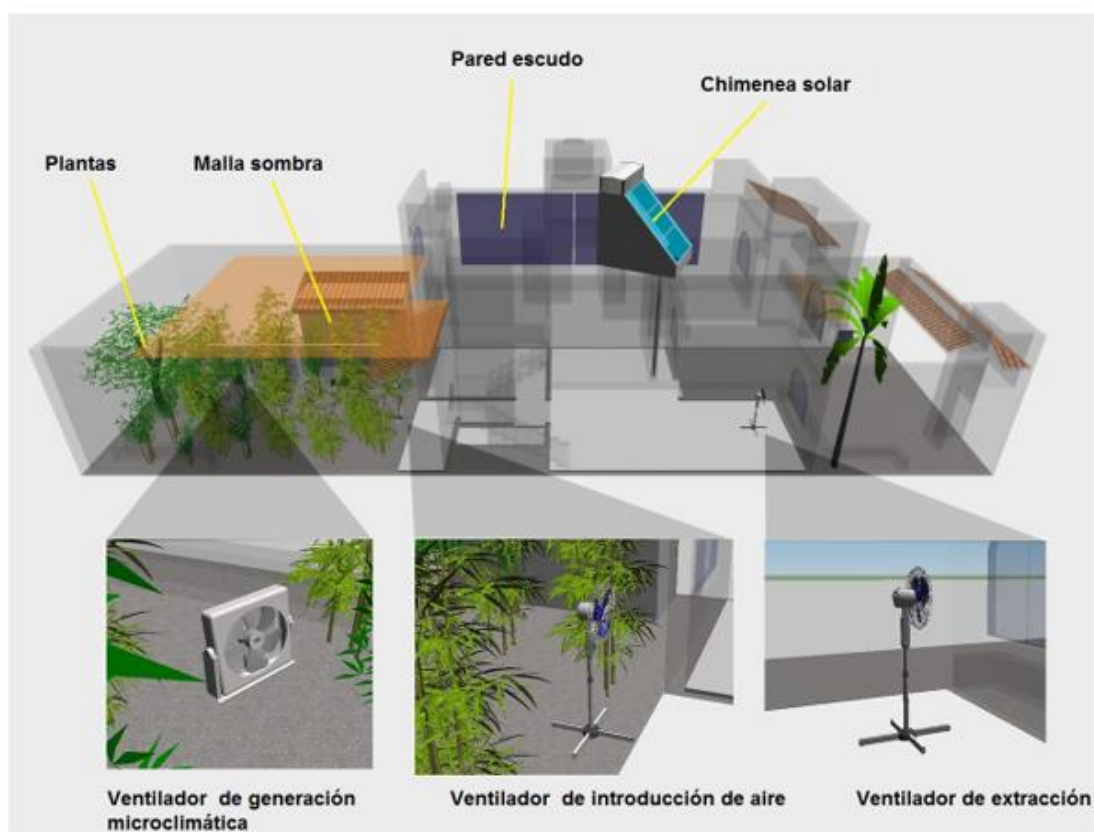
Finalmente, es importante mencionar que la comparativa se muestra con signos negativo (-) y positivo (+) dependiendo de si la temperatura o el porcentaje de HR están por encima (usando el positivo) o por debajo (usando el negativo) del nivel con el que están siendo comparados además de los colores distintivos ya mencionados.

La tabla anterior muestra los resultados obtenidos a la hora pico del día analizado, en este caso a las 1:00 p.m. Dichos resultados son en comparación con los que se obtienen de la estación meteorológica automatizada ubicada en la Estación Climatológica de la U.A.S. que se encuentra a menos de un kilómetro de distancia con el proyecto.



## Fase A – Día 5 (25 de septiembre de 2016)

La siguiente imagen muestra las estrategias implementadas en este día de experimentación:



**Imagen F05.** Fase A, Día 5 (25 de septiembre de 2016)

Fuente: propia

El siguiente recuadro muestra los sucesos que acontecieron en este día de experimentación, cada suceso puede ser un factor determinante en el comportamiento higrotérmico que se analiza más adelante.

### Sucesos:

#### **12:00 a.m.**

Se encienden 2 ventiladores en el patio (extremo norte y extremo sur del patio), ambos apuntando hacia el interior de la casa para simular viento dominante.

**8:40 a.m.**

Se enciende un ventilador en cocina apuntando hacia la ventana para funcionar como extractor y generar el viento cruzado en la casa.

**4:00 p.m.**

Se hacen comentarios de los usuarios donde describen su percepción sensorial dentro de la zona de confort, al parecer, aunque el día ha sido nublado en parte de la mañana y el medio día, el día se despeja alrededor de las 3 p.m. y la casa ha seguido fresca. Al parecer la estrategia de generar una ventilación cruzada mediante ventiladores simulando a los vientos dominantes está dando buenos resultados.

**6:00 p.m.**

El día es soleado, no muy caliente pero definitivamente se siente como si la casa tuviera un sistema de acondicionamiento de aire encendido, cuando sólo se tiene el experimento funcionando.

**10:00 p.m.**

Se colocan diversas lonas en azotea funcionando como techo escudo para evitar que los materiales constructivos se calienten debido a su inercia térmica, con esto el proyecto queda completo en la instalación de todos sus componentes.

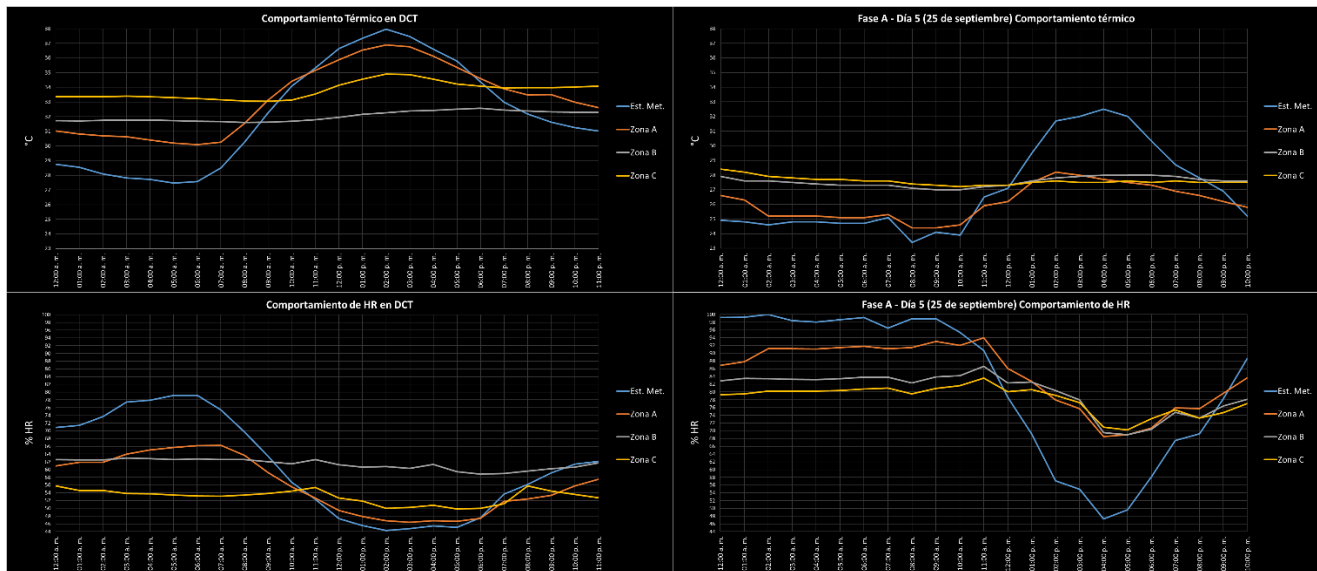
Los valores registrados en este día tanto de temperatura como de HR en cada una de las zonas y en la estación meteorológica automatizada son mostradas en la siguiente tabla:

Fecha	Hora	Est. Met.		Zona A		Zona B		Zona C	
		Est. Met. Terr	Est. Met. HR	Z.A. Temp	Z.A. HR	Z.B. Temp	Z.B. HR	Z.C. Temp	Z.C. HR
25/09/2016	12:00 a. m.	24.9	99.2	26.6	86.9	27.9	82.9	28.4	79.3
25/09/2016	01:00 a. m.	24.8	99.3	26.3	87.8	27.6	83.5	28.2	79.5
25/09/2016	02:00 a. m.	24.6	100	25.2	91.2	27.6	83.4	27.9	80.2
25/09/2016	03:00 a. m.	24.8	98.4	25.2	91.2	27.5	83.3	27.8	80.2
25/09/2016	04:00 a. m.	24.8	98	25.2	91.1	27.4	83.2	27.7	80.2
25/09/2016	05:00 a. m.	24.7	98.7	25.1	91.5	27.3	83.4	27.7	80.4
25/09/2016	06:00 a. m.	24.7	99.2	25.1	91.8	27.3	83.8	27.6	80.8
25/09/2016	07:00 a. m.	25.1	96.5	25.3	91.2	27.3	83.8	27.6	81
25/09/2016	08:00 a. m.	23.4	98.9	24.4	91.5	27.1	82.3	27.4	79.5
25/09/2016	09:00 a. m.	24.1	98.9	24.4	93	27	83.9	27.3	80.9
25/09/2016	10:00 a. m.	23.9	95.4	24.6	92	27	84.2	27.2	81.6
25/09/2016	11:00 a. m.	26.5	90.7	25.9	94	27.2	86.6	27.3	83.6
25/09/2016	12:00 p. m.	27.1	78.7	26.2	86.1	27.3	82.3	27.3	80.1
25/09/2016	01:00 p. m.	29.5	69.2	27.5	82.7	27.6	82.6	27.5	80.6
25/09/2016	02:00 p. m.	31.7	57.1	28.2	78	27.8	80.4	27.6	79.1
25/09/2016	03:00 p. m.	32	54.9	28	75.7	27.9	78	27.5	77.3
25/09/2016	04:00 p. m.	32.5	47.3	27.7	68.5	28	69.5	27.5	70.9
25/09/2016	05:00 p. m.	32	49.6	27.5	69	28	69	27.6	70.2
25/09/2016	06:00 p. m.	30.3	58.1	27.3	70.7	28	70.4	27.5	73.1
25/09/2016	07:00 p. m.	28.7	67.5	26.9	75.9	27.9	74.8	27.6	75.4
25/09/2016	08:00 p. m.	27.8	69.2	26.6	75.7	27.7	73.3	27.5	73.3
25/09/2016	09:00 p. m.	26.9	78.3	26.2	79.7	27.6	76.4	27.5	74.7
25/09/2016	10:00 p. m.	25.2	88.7	25.8	83.7	27.6	78.1	27.5	77
25/09/2016	11:00 p. m.	24.8	91.2	25.4	84.7	27.5	78.6	27.4	77.5

**Tabla 24.** Valores de temperatura y HR del día 25 de septiembre de 2016

Fuente: propia

Las siguientes gráficas nos muestran el comportamiento gráfico de manera lineal de los valores registrados en la tabla anterior: primero, horizontalmente, y en la parte superior, se muestran dos gráficas: la gráfica del comportamiento térmico del DCT y la del comportamiento térmico del día aquí analizado para ser comparadas entre sí, dándonos una referencia visual de los impactos obtenidos en la cuestión térmica mediante la estrategia aplicada este día; después, también horizontalmente, pero en la parte inferior, se muestran las gráficas de los porcentajes de HR tanto del DCT como del día analizado en esta sección para ser también una comparativa visual entre ambos.



**Gráfica 38.** Análisis comparativos de temperatura y de humedad entre DCT y Día 5 de Fase A

Fuente: propia

## Análisis:

Se analiza un día que fue templado toda la mañana y que tuvo su punto crítico térmico máximo y húmedo mínimo a las 4:00 p.m. donde las lecturas que nos proporciona la estación meteorológica se tuvo un pico térmico de 32.5°C y en la casa rondó entre 27.5 y 28°C en sus tres áreas analizadas. Un punto importante aquí es que, aunque se compare el día 25 de septiembre con el DCT, se tiene una menor distancia entre las líneas dibujadas de las zonas internas de la casa y la que dibuja la estación meteorológica, lo que sugiere que no se tiene un amortiguamiento térmico mayor que lo que la casa en su estado original ya lograba. Sin embargo, en este caso la temperatura ambiental exterior es mucho menor que en el DCT y aun así se tiene un amortiguamiento de 4.8°C en la Zona A, 4.5°C en la Zona B y de 5.0°C en la Zona C, eso, aunado a los altos niveles de humedad da un efecto positivo en la sensación térmica de **los huéspedes** y estos **llegan al confort térmico**, y, gracias a que existe ventilación, aquí la humedad no es un factor causal de *estrés higrotérmico*.

## Resultados:

Las tablas que se mostrarán a continuación son comparativas y muestran el impacto máximo registrado (favorable o desfavorable, dependiendo sea el caso) que sucede en la hora pico del día que se estudia respecto al exterior de la vivienda. Es importante mencionar que la comparativa se muestra con signos negativo (-) y positivo (+) dependiendo de si la temperatura o el porcentaje de HR están por encima (usando el positivo) o por debajo (usando el negativo) del nivel con el que están siendo comparados.

En la primera tabla se muestra la referencia del estado original de la vivienda mediante la tabla que describe el DCT enfocada a la hora pico del día que se analiza en esta sección, describiendo de esta manera la temperatura respecto al exterior de cada una de las zonas del proyecto y la diferencia en porcentaje de HR que cada una de estas zonas tiene con respecto al porcentaje exterior en el DCT. La primera tabla comparativa mostrando la referencia que da el DCT se muestra a continuación:

### **Referencia del DCT en la hora pico del día analizado:**

Zonas del proyecto	Temperatura respecto al exterior (°C)	Humedad Relativa respecto al exterior (%)
Zona A	-0.5°C (4:00 p.m.)	+1.3% (4:00 p.m.)
Zona B	-4.2°C (4:00 p.m.)	+15.9% (4:00 p.m.)
Zona C	-2.1°C (4:00 p.m.)	+5.3% (4:00 p.m.)

**Tabla 25.** Comparativa no. 1 del día 5 de Fase A. Fuente: propia

En la segunda tabla, se muestra el impacto de cada una de las zonas del proyecto con respecto al estado de cada una de las zonas del DCT en la misma hora pico del día que se está analizando, y la diferencia del porcentaje de HR se muestra con respecto a la línea graficada de HR exterior que nos proporciona la estación meteorológica en este mismo día analizado. La segunda tabla se muestra a continuación:

**Resultados comparativos y de impactos del día 5 de experimentación de Fase A, correspondiente al día 25 de septiembre de 2016**

Zonas del proyecto	Temperatura respecto al exterior (°C)	Impacto positivo respecto a DCT	Impacto negativo respecto a DCT	Humedad Relativa respecto al exterior (%)
Zona A	-4.8°C (4:00 p.m.)	-4.3°C	x	+21.2%(4:00 p.m.)
Zona B	-4.5°C (4:00 p.m.)	-0.3°C	x	+22.2%(4:00 p.m.)
Zona C	-5.0°C (4:00 p.m.)	-2.9°C	x	+23.6%(4:00 p.m.)

**Tabla 26.** Comparativa no. 2 del día 5 de Fase A. Fuente: propia

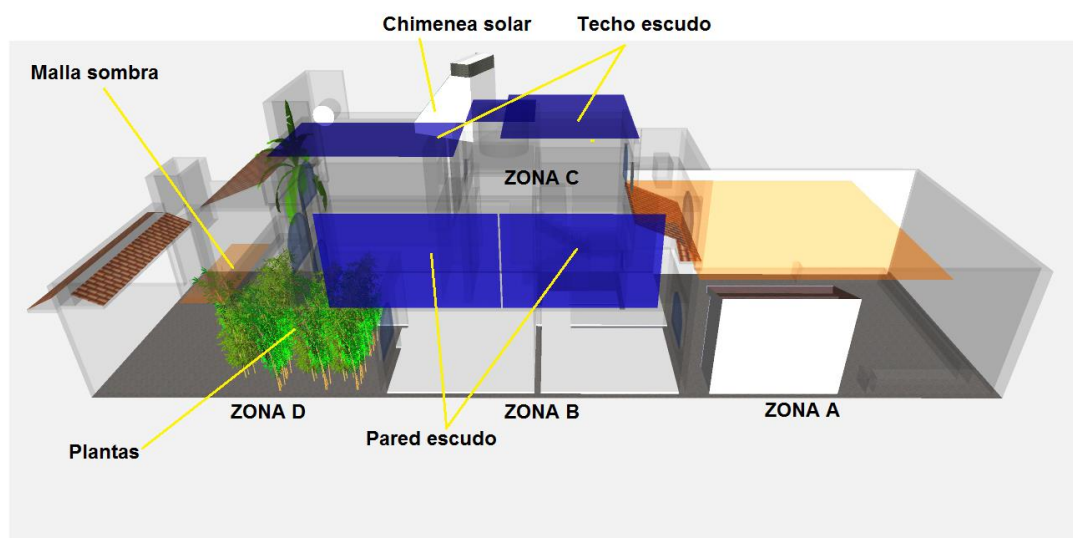
Finalmente, es importante mencionar que la comparativa se muestra con signos negativo (-) y positivo (+) dependiendo de si la temperatura o el porcentaje de HR están por encima (usando el positivo) o por debajo (usando el negativo) del nivel con el que están siendo comparados además de los colores distintivos ya mencionados.

La tabla anterior muestra los resultados obtenidos a la hora pico del día analizado, en este caso a las 4:00 p.m. Dichos resultados son en comparación con los que se obtienen de la estación meteorológica automatizada ubicada en la Estación Climatológica de la U.A.S. que se encuentra a menos de un kilómetro de distancia con el proyecto.



## Fase B – Día 1 (30 de septiembre de 2016)

La siguiente imagen muestra las estrategias implementadas en este día de experimentación:



**Imagen F06.** Fase B, Día 1 (26 de septiembre de 2016)

Fuente: propia

El siguiente recuadro muestra los sucesos que acontecieron en este día de experimentación, cada suceso puede ser un factor determinante en el comportamiento higrotérmico que se analiza más adelante.

### Sucesos:

**12:00 a.m.**

Las condiciones para empezar la medición del día son las siguientes:

- Se tienen las plantas ubicadas en la Zona D del proyecto (cochera, ubicada al sur de la casa), estas plantas, por ser un área más chica y ser el mismo número de plantas que se tenía en patio, alcanzan una densidad del 90% en esta nueva zona (Zona D).
- Las ventanas y puertas de la cara norte de la casa en planta baja están abiertas.
- La ventana de la cochera que da a la sala está abierta (sección sureste)

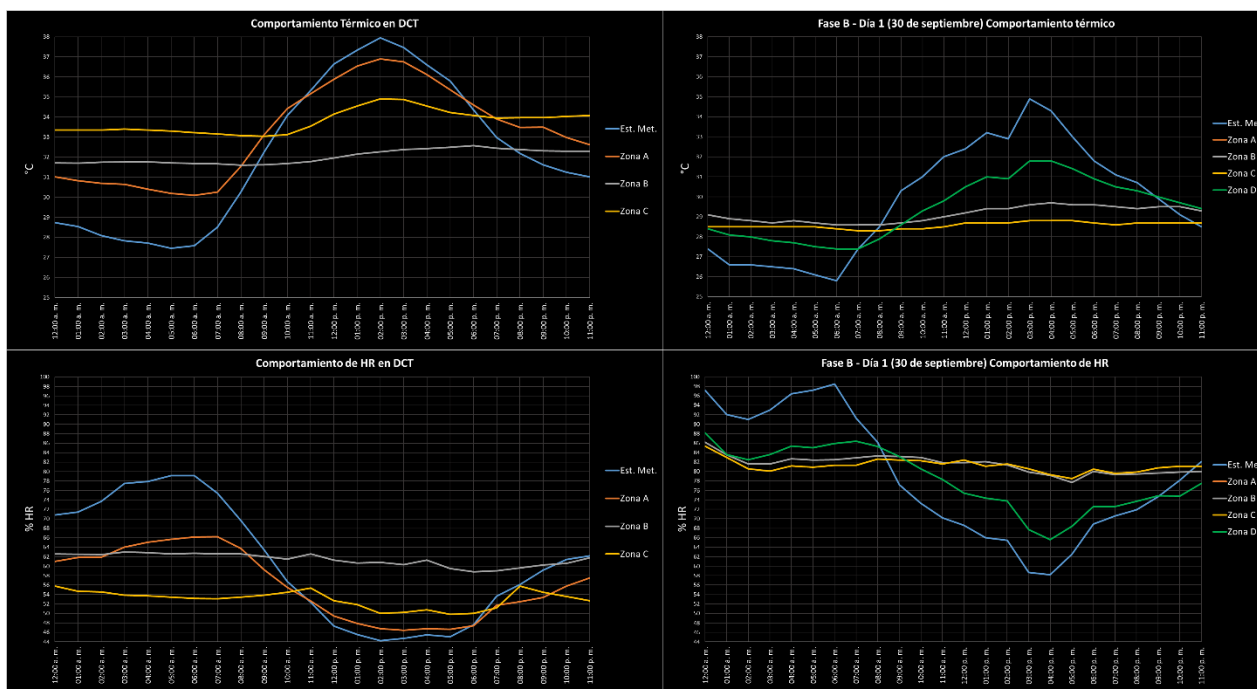
Los valores registrados en este día tanto de temperatura como de HR en cada una de las zonas y en la estación meteorológica automatizada son mostradas en la siguiente tabla:

Fecha	Hora	Est. Met.		Zona A		Zona B		Zona C		Zona D	
		Est. Met. Temp	Est. Met. HR	Z.A. Temp	Z.A. HR	Z.B. Temp	Z.B. HR	Z.C. Temp	Z.C. HR	Z.C. Temp	Z.C. HR
30/09/2016	12:00 a. m.	27.4	97.2	n/d	n/d	29.1	86.2	28.5	85.4	28.4	88.2
30/09/2016	01:00 a. m.	26.6	92	n/d	n/d	28.9	83.5	28.5	83	28.1	83.6
30/09/2016	02:00 a. m.	26.6	91	n/d	n/d	28.8	81.6	28.5	80.6	28	82.5
30/09/2016	03:00 a. m.	26.5	93	n/d	n/d	28.7	81.6	28.5	80.1	27.8	83.6
30/09/2016	04:00 a. m.	26.4	96.4	n/d	n/d	28.8	82.7	28.5	81.2	27.7	85.4
30/09/2016	05:00 a. m.	26.1	97.2	n/d	n/d	28.7	82.4	28.5	80.9	27.5	85
30/09/2016	06:00 a. m.	25.8	98.5	n/d	n/d	28.6	82.5	28.4	81.3	27.4	85.9
30/09/2016	07:00 a. m.	27.4	91.3	n/d	n/d	28.6	82.9	28.3	81.3	27.4	86.4
30/09/2016	08:00 a. m.	28.5	86.2	n/d	n/d	28.6	83.3	28.3	82.6	27.9	85.3
30/09/2016	09:00 a. m.	30.3	77.2	n/d	n/d	28.7	83.2	28.4	82.4	28.6	83.2
30/09/2016	10:00 a. m.	31	73.3	n/d	n/d	28.8	83	28.4	82.3	29.3	80.6
30/09/2016	11:00 a. m.	32	70.2	n/d	n/d	29	81.9	28.5	81.6	29.8	78.3
30/09/2016	12:00 p. m.	32.4	68.6	n/d	n/d	29.2	81.9	28.7	82.4	30.5	75.4
30/09/2016	01:00 p. m.	33.2	66	n/d	n/d	29.4	82.1	28.7	81.1	31	74.4
30/09/2016	02:00 p. m.	32.9	65.5	n/d	n/d	29.4	81.4	28.7	81.6	30.9	73.8
30/09/2016	03:00 p. m.	34.9	58.7	n/d	n/d	29.6	79.9	28.8	80.6	31.8	67.7
30/09/2016	04:00 p. m.	34.3	58.2	n/d	n/d	29.7	79.2	28.8	79.3	31.8	65.6
30/09/2016	05:00 p. m.	33	62.5	n/d	n/d	29.6	77.7	28.8	78.5	31.4	68.4
30/09/2016	06:00 p. m.	31.8	68.9	n/d	n/d	29.6	80	28.7	80.5	30.9	72.6
30/09/2016	07:00 p. m.	31.1	70.6	n/d	n/d	29.5	79.3	28.6	79.6	30.5	72.6
30/09/2016	08:00 p. m.	30.7	71.9	n/d	n/d	29.4	79.5	28.7	79.9	30.3	73.7
30/09/2016	09:00 p. m.	29.9	74.7	n/d	n/d	29.5	79.7	28.7	80.8	30	74.9
30/09/2016	10:00 p. m.	29.1	78.2	n/d	n/d	29.5	79.9	28.7	81.1	29.7	74.8
30/09/2016	11:00 p. m.	28.5	82.1	n/d	n/d	29.3	80	28.7	81.1	29.4	77.5

**Tabla 27.** Valores de temperatura y HR del día 30 de septiembre de 2016

Fuente: propia

Las siguientes gráficas nos muestran el comportamiento gráfico de manera lineal de los valores registrados en la tabla anterior: primero, horizontalmente, y en la parte superior, se muestran dos gráficas: la gráfica del comportamiento térmico del DCT y la del comportamiento térmico del día aquí analizado para ser comparadas entre sí, dándonos una referencia visual de los impactos obtenidos en la cuestión térmica mediante la estrategia aplicada este día; después, también horizontalmente, pero en la parte inferior, se muestran las gráficas de los porcentajes de HR tanto del DCT como del día analizado en esta sección para ser también una comparativa visual entre ambos.



**Gráfica 39.** Análisis comparativos de temperatura y de humedad entre DCT y Día 1 de Fase B

Fuente: propia

## Análisis:

Se analiza el día 30 de septiembre, empezando la Fase B, en donde se mueven las plantas hacia la zona de la cochera de la casa esperando a que el microclima creado se introduzca mediante los vientos dominantes exclusivamente, sin utilizar ventiladores eléctricos. En esta Fase la Zona D es delimitada en las gráficas con color verde, esta se compara contra la Zona A del DCT por ser ambas exteriores pero próximas al interior de la casa y contener a las plantas.

El análisis muestra que las plantas, estando completamente en sombra, disminuyen la temperatura mediante evapotranspiración en 2.4°C en la hora pico, en este caso las 3:00 p.m., sin embargo, la vivienda por sí sola en ese punto térmico pico en la Zona B se encuentra 5.3°C menos que en el exterior (en la medición de la estación meteorológica), por lo que la influencia externa puede ser contraproducente en este caso, tomando en cuenta que en el DCT la diferencia entre el exterior y la Zona B es de 5.1°C, es decir 0.2°C de diferencia entre el exterior y la Zona B de la casa en el día 30 de septiembre y el DCT. Originalmente, en la casa cuando se tenía la hora pico exterior se cerraban las ventanas para que la fresca interna creada por la

sombra y la humedad permaneciera por más tiempo, en esta fase se abre la ventana de la cochera para aprovechar el microclima externo.

### Resultados:

Las tablas que se mostrarán a continuación son comparativas y muestran el impacto máximo registrado (favorable o desfavorable, dependiendo sea el caso) que sucede en la hora pico del día que se estudia respecto al exterior de la vivienda. Es importante mencionar que la comparativa se muestra con signos negativo (-) y positivo (+) dependiendo de si la temperatura o el porcentaje de HR están por encima (usando el positivo) o por debajo (usando el negativo) del nivel con el que están siendo comparados.

En la primera tabla se muestra la referencia del estado original de la vivienda mediante la tabla que describe el DCT enfocada a la hora pico del día que se analiza en esta sección, describiendo de esta manera la temperatura respecto al exterior de cada una de las zonas del proyecto y la diferencia en porcentaje de HR que cada una de estas zonas tiene con respecto al porcentaje exterior en el DCT. La primera tabla comparativa mostrando la referencia que da el DCT se muestra a continuación:

### **Referencia del DCT en la hora pico del día analizado:**

<b>Zonas del proyecto</b>	<b>Temperatura respecto al exterior (°C)</b>	<b>Humedad (%HR) respecto a la estación meteorológica</b>
Zona A	-0.7°C (3:00 p.m.)	+1.7% (3:00 p.m.)
Zona B	-5.1°C (3:00 p.m.)	+15.6% (3:00 p.m.)
Zona C	-2.6°C (3:00 p.m.)	+5.5% (3:00 p.m.)

**Tabla 28.** Comparativa no. 1 del día 1 de Fase B. Fuente: propia

En la segunda tabla, se muestra el impacto de cada una de las zonas del proyecto con respecto al estado de cada una de las zonas del DCT en la misma hora pico del día que se está analizando, y la diferencia del porcentaje de HR se muestra con respecto a la línea graficada de HR exterior que nos proporciona la estación meteorológica en este mismo día analizado. La segunda tabla se muestra a continuación:

**Resultados comparativos y de impactos del día 1 de experimentación de Fase B, correspondiente al día 30 de septiembre de 2016**

Zonas del proyecto	Temperatura respecto al exterior (°C)	Impacto positivo respecto a DCT	Impacto negativo respecto a DCT	Humedad Relativa respecto al exterior (%)
Zona D	-3.1°C (3:00 p.m.)	-2.4°C	x	+9% (3:00 p.m.)
Zona B	-5.3°C (3:00 p.m.)	-0.2°C	x	+21.2% (3:00 p.m.)
Zona C	-3.1°C (3:00 p.m.)	-0.5°C	x	+21.9% (3:00 p.m.)

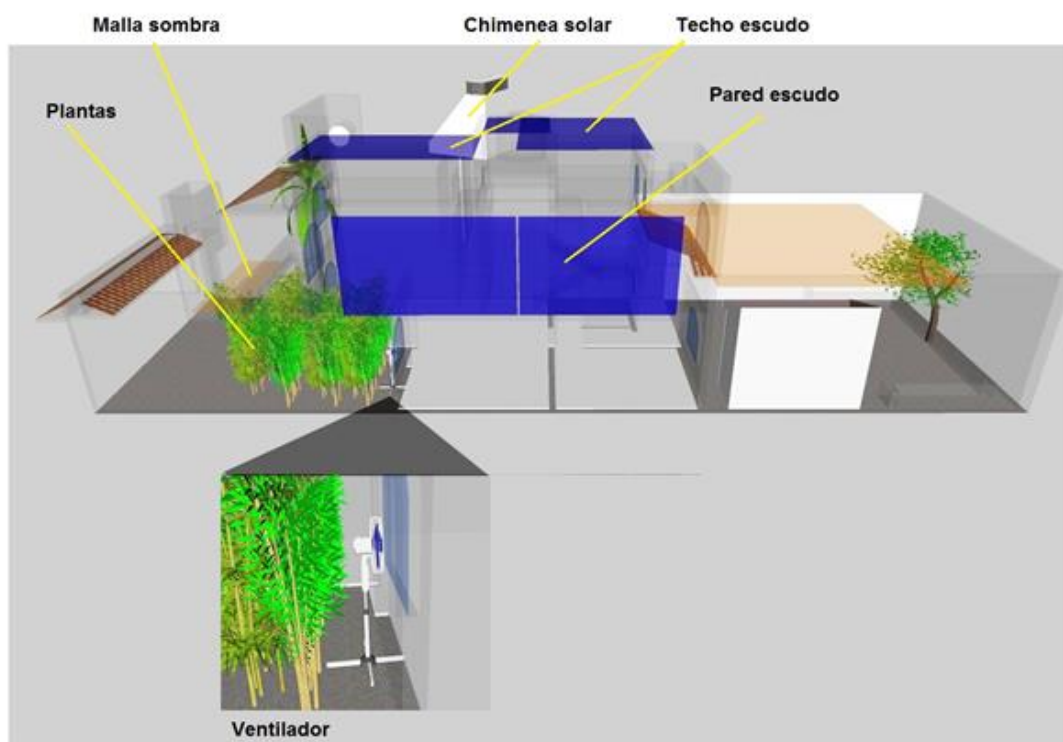
**Tabla 29.** Comparativa no. 2 del día 1 de Fase B. Fuente: propia

Finalmente, es importante mencionar que la comparativa se muestra con signos negativo (-) y positivo (+) dependiendo de si la temperatura o el porcentaje de HR están por encima (usando el positivo) o por debajo (usando el negativo) del nivel con el que están siendo comparados además de los colores distintivos ya mencionados.

La tabla anterior muestra los resultados obtenidos a la hora pico del día analizado, en este caso a las 3:00 p.m. Dichos resultados son en comparación con los que se obtienen de la estación meteorológica automatizada ubicada en la Estación Climatológica de la U.A.S. que se encuentra a menos de un kilómetro de distancia con el proyecto.

## Fase B – Día 2 (1 de octubre de 2016)

La siguiente imagen muestra las estrategias implementadas en este día de experimentación:



**Imagen F07.** Fase B, Día 2 (1 de octubre de 2016)

Fuente: propia

El siguiente recuadro muestra los sucesos que acontecieron en este día de experimentación, cada suceso puede ser un factor determinante en el comportamiento higrotérmico que se analiza más adelante.

### **Sucesos:**

#### **12:00 a.m**

Se coloca ventilador en ventana de la cochera, exterior y orientado hacia el interior de la casa en su primera velocidad.



**12:00 p.m.**

Se sufre estrés térmico en los usuarios de la casa, la sala y cocina se perciben calientes.

Los valores registrados en este día tanto de temperatura como de HR en cada una de las zonas y en la estación meteorológica automatizada son mostradas en la siguiente tabla:

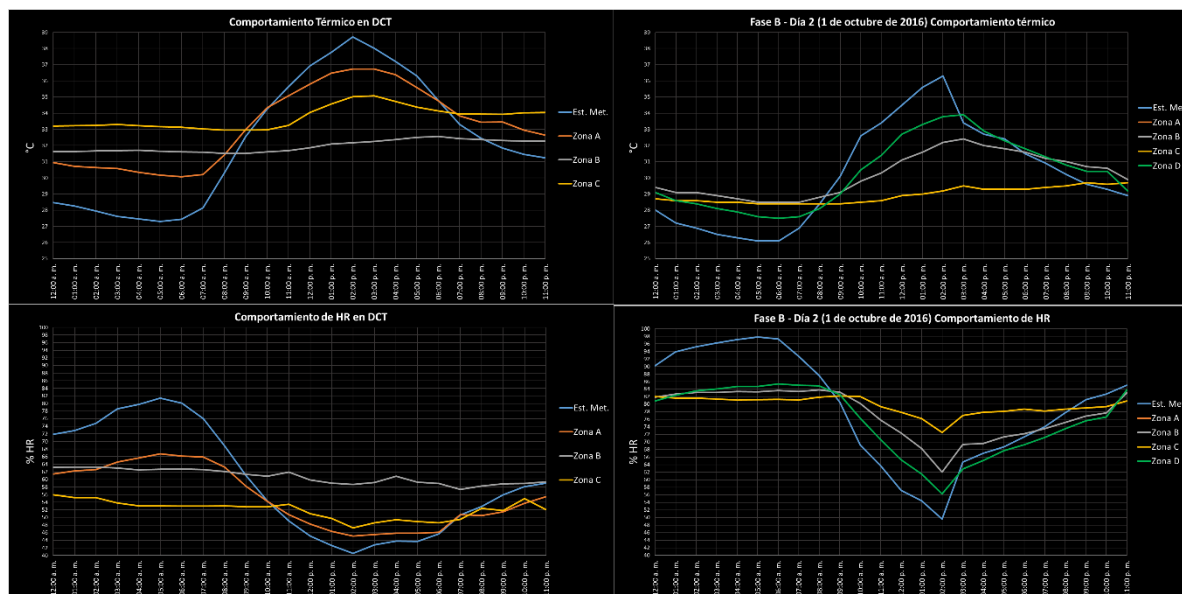
Fecha	Hora	Est. Met.		Zona A		Zona B		Zona C		Zona D	
		Est. Met. Temp	Est. Met. HR	Z.A. Temp	Z.A. HR	Z.B. Temp	Z.B. HR	Z.C. Temp	Z.C. HR	Z.C. Temp	Z.C. HR
01/10/2016	12:00 a. m.	28	90.2	n/d	n/d	29.4	81.9	28.7	82	29.1	80.9
01/10/2016	01:00 a. m.	27.2	93.9	n/d	n/d	29.1	82.7	28.6	81.6	28.6	82.4
01/10/2016	02:00 a. m.	26.9	95.2	n/d	n/d	29.1	83.1	28.6	81.6	28.4	83.5
01/10/2016	03:00 a. m.	26.5	96.2	n/d	n/d	28.9	83.1	28.5	81.4	28.1	84
01/10/2016	04:00 a. m.	26.3	97.1	n/d	n/d	28.7	83.4	28.5	81.1	27.9	84.7
01/10/2016	05:00 a. m.	26.1	97.8	n/d	n/d	28.5	83.3	28.4	81.2	27.6	84.7
01/10/2016	06:00 a. m.	26.1	97.3	n/d	n/d	28.5	83.6	28.4	81.3	27.5	85.4
01/10/2016	07:00 a. m.	26.9	92.7	n/d	n/d	28.5	83.4	28.4	81.1	27.6	85
01/10/2016	08:00 a. m.	28.4	87.6	n/d	n/d	28.8	83.8	28.4	81.9	28.1	84.9
01/10/2016	09:00 a. m.	30.1	80.5	n/d	n/d	29.1	83.2	28.4	82.2	29	82.5
01/10/2016	10:00 a. m.	32.6	69.2	n/d	n/d	29.8	80.2	28.5	82	30.5	76.3
01/10/2016	11:00 a. m.	33.4	63.7	n/d	n/d	30.3	75.8	28.6	79.4	31.4	70.6
01/10/2016	12:00 p. m.	34.5	57.2	n/d	n/d	31.1	72.4	28.9	77.9	32.7	65.3
01/10/2016	01:00 p. m.	35.6	54.4	n/d	n/d	31.6	68.3	29	76.2	33.3	61.5
01/10/2016	02:00 p. m.	36.3	49.6	n/d	n/d	32.2	62	29.2	72.5	33.8	56.3
01/10/2016	03:00 p. m.	33.4	64.7	n/d	n/d	32.4	69.4	29.5	77	33.9	62.9
01/10/2016	04:00 p. m.	32.7	67	n/d	n/d	32	69.6	29.3	77.9	32.9	65.1
01/10/2016	05:00 p. m.	32.4	68.7	n/d	n/d	31.8	71.4	29.3	78.1	32.3	67.7
01/10/2016	06:00 p. m.	31.5	71.4	n/d	n/d	31.6	72.2	29.3	78.7	31.8	69.3
01/10/2016	07:00 p. m.	30.9	74	n/d	n/d	31.2	73.5	29.4	78.2	31.3	71.2
01/10/2016	08:00 p. m.	30.2	77.8	n/d	n/d	31	75.2	29.5	78.7	30.8	73.5
01/10/2016	09:00 p. m.	29.6	81.2	n/d	n/d	30.7	76.9	29.7	79	30.4	75.6
01/10/2016	10:00 p. m.	29.3	82.7	n/d	n/d	30.6	77.7	29.6	79.4	30.4	76.6
01/10/2016	11:00 p. m.	28.9	85	n/d	n/d	29.9	83	29.7	80.9	29.2	83.8

**Tabla 30.** Valores de temperatura y HR del día 1 de octubre de 2016

Fuente: propia

Las siguientes gráficas nos muestran el comportamiento gráfico de manera lineal de los valores registrados en la tabla anterior: primero, horizontalmente, y en la parte superior, se muestran dos gráficas: la gráfica del comportamiento térmico del DCT y la del comportamiento térmico del día aquí analizado para ser comparadas entre sí, dándonos una referencia visual de los impactos obtenidos en la cuestión térmica mediante la estrategia aplicada este día; después, también horizontalmente, pero en la parte inferior, se muestran las gráficas de los porcentajes de HR tanto del DCT

como del día analizado en esta sección para ser también una comparativa visual entre ambos.



**Gráfica 40.** Análisis comparativos de temperatura y de humedad entre DCT y Día 2 de Fase B

Fuente: propia

## Análisis:

Las gráficas de análisis comparativos de temperatura y de humedad muestran claramente **cómo las Zonas B y C son negativamente impactadas** por el aumento térmico y el descenso de HR en la hora pico extrema del día que ocurre a las 2 p.m., esto debido a que el ventilador que introduce aire a la Zona B no se está alimentando de un microclima, aunque las plantas siguen evapotranspirando y haciendo descender a la temperatura circundante y aumentando el porcentaje de HR también circundante, **el microclima no alcanza a producirse, o bien, se produce y se escapa**, dejando al ventilador solo aspirando aire caliente proveniente de la calle, pues este viene de una calle que tiene efecto de isla de calor por la plancha de concreto existente, lo que también influye al momento de introducir aire a la casa.

La Zona C se impacta mucho menos que la Zona B, pues la Zona B está en contacto inmediato con la Zona D, que en este día está severamente afectada por el calor

proveniente de la calle, sin embargo, la Zona C es menos impactada por contar con la chimenea solar, misma que se encarga de expulsar el aire caliente, provocando este día una diferencia térmica de 7.1°C, que por el simple funcionamiento de ésta, comparando la medida con el DCT, nos dice que el trabajo de **la chimenea tiene un impacto favorable en la Zona C de 4.1°C.**

#### Resultados:

Las tablas que se mostrarán a continuación son comparativas y muestran el impacto máximo registrado (favorable o desfavorable, dependiendo sea el caso) que sucede en la hora pico del día que se estudia respecto al exterior de la vivienda. Es importante mencionar que la comparativa se muestra con signos negativo (-) y positivo (+) dependiendo de si la temperatura o el porcentaje de HR están por encima (usando el positivo) o por debajo (usando el negativo) del nivel con el que están siendo comparados.

En la primera tabla se muestra la referencia del estado original de la vivienda mediante la tabla que describe el DCT enfocada a la hora pico del día que se analiza en esta sección, describiendo de esta manera la temperatura respecto al exterior de cada una de las zonas del proyecto y la diferencia en porcentaje de HR que cada una de estas zonas tiene con respecto al porcentaje exterior en el DCT. La primera tabla comparativa mostrando la referencia que da el DCT se muestra a continuación:

#### **Referencia del DCT en la hora pico del día analizado:**

Zonas del proyecto	Temperatura respecto al exterior (°C)	Humedad Relativa respecto al exterior (%)
Zona A	-1.0 °C en hora pico (2:00 p.m.)	+2.5%
Zona B	-5.7°C en hora pico (2:00 p.m.)	+16.5%
Zona C	-3.0°C en hora pico (2:00 p.m.)	+5.8%

**Tabla 31.** Comparativa no. 1 del día 2 de Fase B. Fuente: propia

En la segunda tabla, se muestra el impacto de cada una de las zonas del proyecto con respecto al estado de cada una de las zonas del DCT en la misma hora pico del día que se está analizando, y la diferencia del porcentaje de HR se muestra con respecto a la línea graficada de HR exterior que nos proporciona la estación meteorológica en este mismo día analizado. La segunda tabla se muestra a continuación:

**Resultados comparativos y de impactos del día 2 de experimentación de Fase B, correspondiente al día 1 de octubre de 2016**

Zonas del proyecto	Temperatura respecto al exterior (°C)	Impacto positivo respecto a DCT	Impacto negativo Respecto a DCT	Humedad Relativa respecto al exterior (%)
Zona D	-2.5°C (2:00 p.m.)	-1.5°C	x	+6.7% (2:00 p.m.)
Zona B	-4.1°C (2:00 p.m.)	x	+1.6°C	+12.4% (2:00 p.m.)
Zona C	-7.1°C (2:00 p.m.)	-4.1°C	x	+22.9% (2:00 p.m.)

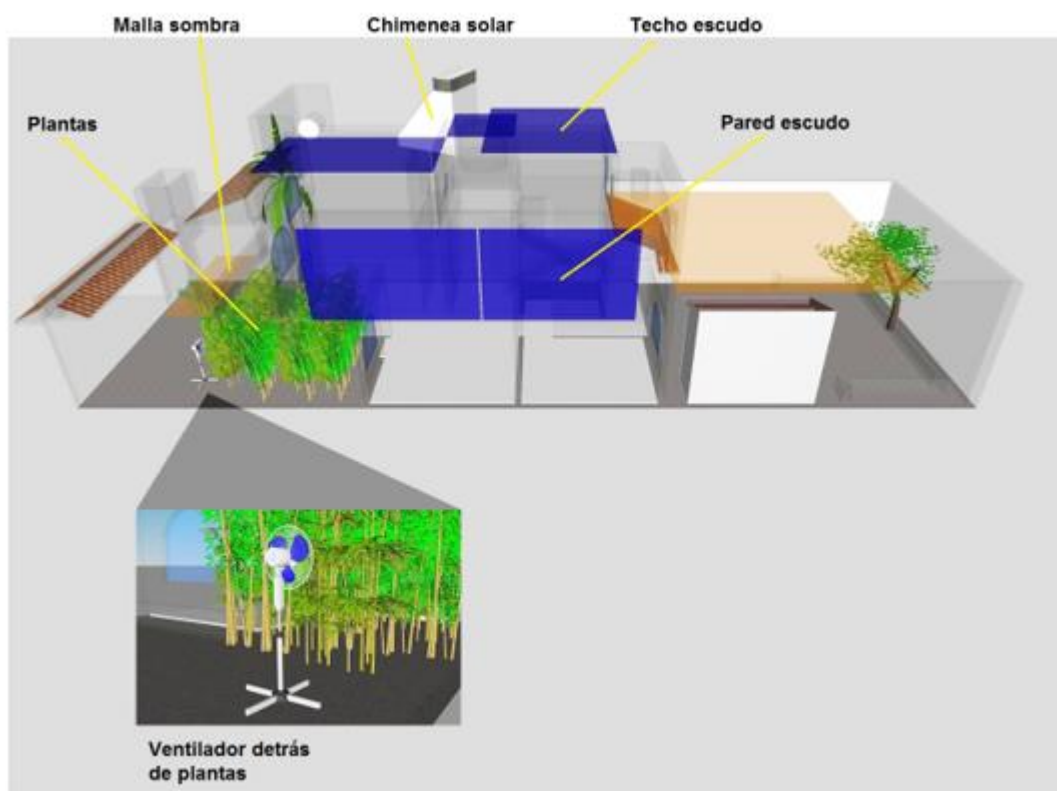
**Tabla 32.** Comparativa no. 2 del día 2 de Fase B. Fuente: propia

Finalmente, es importante mencionar que la comparativa se muestra con signos negativo (-) y positivo (+) dependiendo de si la temperatura o el porcentaje de HR están por encima (usando el positivo) o por debajo (usando el negativo) del nivel con el que están siendo comparados además de los colores distintivos ya mencionados.

La tabla anterior muestra los resultados obtenidos a la hora pico del día analizado, en este caso a las 2:00 p.m. Dichos resultados son en comparación con los que se obtienen de la estación meteorológica automatizada ubicada en la Estación Climatológica de la U.A.S. que se encuentra a menos de un kilómetro de distancia con el proyecto.

### Fase B – Día 3 (3 de octubre de 2016)

La siguiente imagen muestra las estrategias implementadas en este día de experimentación:



**Imagen F08.** Fase B, Día 3 (3 de octubre de 2016)

Fuente: propia

El siguiente recuadro muestra los sucesos que acontecieron en este día de experimentación, cada suceso puede ser un factor determinante en el comportamiento higrotérmico que se analiza más adelante.

#### **Sucesos:**

##### **12:00 a.m.**

Se ha colocado un único ventilador tras las plantas (al sur de las plantas) en velocidad 1, apuntando hacia el interior de la casa mediante la ventana de sala.

**4:00 a.m.**

Se observan mejores resultados en confort en sala. En intento de explicación, se evaluó ventilador como aspirador (caso de ayer) versus ventilador como propulsor (caso de hoy). El ventilador como propulsor resultó 5 veces más potente que como aspirador.

**19:00 p.m.**

Se retiró el ventilador de 7:00 p.m. a 12:00 a.m.

Los valores registrados en este día tanto de temperatura como de HR en cada una de las zonas y en la estación meteorológica automatizada son mostradas en la siguiente tabla:

Fecha	Hora	Est. Met.		Zona A		Zona B		Zona C		Zona D	
		Est. Met. Temp	Est. Met. HR	Z.A. Temp	Z.A. HR	Z.B. Temp	Z.B. HR	Z.C. Temp	Z.C. HR	Z.D. Temp	Z.D. HR
03/10/2016	12:00 a. m.	29.3	85.2	n/d	n/d	31.1	76.8	30	78.3	30.5	77.5
03/10/2016	01:00 a. m.	28.2	91.7	n/d	n/d	31.1	78.3	30.1	79.9	30.2	80.1
03/10/2016	02:00 a. m.	27.6	93.9	n/d	n/d	30.8	77.9	30	79.6	29.7	80.5
03/10/2016	03:00 a. m.	27.3	94.5	n/d	n/d	30.7	78	29.8	79.3	29.3	81
03/10/2016	04:00 a. m.	27.1	96.7	n/d	n/d	30.6	78.8	29.8	79.5	28.9	83.3
03/10/2016	05:00 a. m.	27.1	96.1	n/d	n/d	30.5	78.8	29.7	79.9	29	83
03/10/2016	06:00 a. m.	27.3	95.2	n/d	n/d	30.4	79.1	29.7	80	28.7	84
03/10/2016	07:00 a. m.	28.5	90.2	n/d	n/d	30.3	79.6	29.6	79.7	28.7	84.7
03/10/2016	08:00 a. m.	30	83.5	n/d	n/d	30.3	80.5	29.6	80.1	29.3	83.5
03/10/2016	09:00 a. m.	31.5	77.1	n/d	n/d	30.4	80.9	29.8	78.9	30.2	80.9
03/10/2016	10:00 a. m.	33.9	68.6	n/d	n/d	30.8	80.2	29.9	79.8	31.3	77.6
03/10/2016	11:00 a. m.	33.9	67.3	n/d	n/d	31	77.9	30	78	32.4	72.3
03/10/2016	12:00 p. m.	33.7	67.7	n/d	n/d	31	77.6	30.1	77	33.2	68.3
03/10/2016	01:00 p. m.	34.9	60.8	n/d	n/d	31.3	75.1	30.3	78.1	34.3	63.4
03/10/2016	02:00 p. m.	36.2	56.2	n/d	n/d	31.4	75.6	30.1	79.2	34.7	61.2
03/10/2016	03:00 p. m.	35.1	57.5	n/d	n/d	31.2	76.9	30	79.3	34.5	59.8
03/10/2016	04:00 p. m.	34.9	60.5	n/d	n/d	31.3	77.5	30.2	80.3	34	63.4
03/10/2016	05:00 p. m.	29.6	68	n/d	n/d	31.1	67.1	30.1	72	31.8	61
03/10/2016	06:00 p. m.	27.7	80.8	n/d	n/d	30.6	74.1	29.9	73.6	30.3	73.4
03/10/2016	07:00 p. m.	25.7	93.5	n/d	n/d	30.3	78.5	29.9	79.2	29.1	78.8
03/10/2016	08:00 p. m.	25.9	93.3	n/d	n/d	30.2	77.7	29.9	77.9	28.6	79.9
03/10/2016	09:00 p. m.	26.2	91.9	n/d	n/d	30.1	77.3	29.9	77.4	28.6	78.8
03/10/2016	10:00 p. m.	26	92	n/d	n/d	29.9	76.1	29.8	75.9	28.7	77.9
03/10/2016	11:00 p. m.	26.1	92.4	n/d	n/d	29.8	76.8	29.8	76.2	28.5	78.7

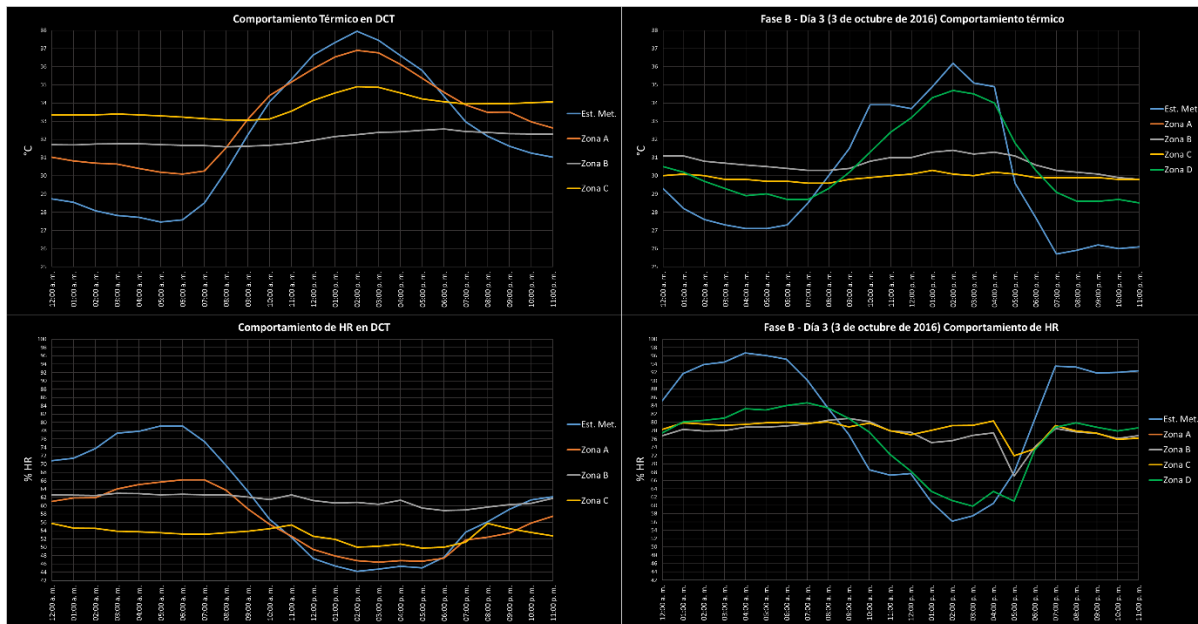
**Tabla 33.** Valores de temperatura y HR del día 3 de octubre de 2016

Fuente: propia

Las siguientes gráficas nos muestran el comportamiento gráfico de manera lineal de los valores registrados en la tabla anterior: primero, horizontalmente, y en la parte superior, se muestran dos gráficas: la gráfica del comportamiento térmico del DCT y la del comportamiento térmico del día aquí analizado para ser comparadas entre sí, dándonos una referencia visual de los impactos obtenidos en la cuestión térmica mediante la estrategia aplicada este día; después, también horizontalmente, pero en la parte inferior, se muestran las gráficas de los porcentajes de HR tanto del DCT



como del día analizado en esta sección para ser también una comparativa visual entre ambos.



**Gráfica 41.** Análisis comparativos de temperatura y de humedad entre DCT y Día 3 de Fase B

Fuente: propia

### Análisis:

Este día (día de experimentación no. 3 de Fase B) es muy similar al día no. 2 de la misma fase, en donde **la generación microclimática no es significativa**, lo que hace que la bioclimatización de la casa sea casi nula. En la cuestión referente a la humedad se tiene un descenso drástico de porcentaje de HR entre las 4:00 y 5:00 p.m., lo que, debido a la temperatura interior momentánea (31.3°C en Zona B y 30.2°C en Zona C) hace percibir una sensación térmica caliente y **los huéspedes sufren de estrés térmico**.

Nuevamente la chimenea solar mantiene a la Zona C muy estable con respecto a los cambios térmicos exteriores. Sin embargo, la Zona B sí se ve afectada por todos los cambios de temperatura exteriores.

## Resultados:

Las tablas que se mostrarán a continuación son comparativas y muestran el impacto máximo registrado (favorable o desfavorable, dependiendo sea el caso) que sucede en la hora pico del día que se estudia respecto al exterior de la vivienda. Es importante mencionar que la comparativa se muestra con signos negativo (-) y positivo (+) dependiendo de si la temperatura o el porcentaje de HR están por encima (usando el positivo) o por debajo (usando el negativo) del nivel con el que están siendo comparados.

En la primera tabla se muestra la referencia del estado original de la vivienda mediante la tabla que describe el DCT enfocada a la hora pico del día que se analiza en esta sección, describiendo de esta manera la temperatura respecto al exterior de cada una de las zonas del proyecto y la diferencia en porcentaje de HR que cada una de estas zonas tiene con respecto al porcentaje exterior en el DCT. La primera tabla comparativa mostrando la referencia que da el DCT se muestra a continuación:

### **Referencia del DCT en la hora pico del día analizado:**

Zonas del proyecto	Temperatura respecto al exterior (°C)	Humedad Relativa respecto al exterior (%)
Zona A	-1.0 °C en hora pico (2:00 p.m.)	+2.5%
Zona B	-5.7°C en hora pico (2:00 p.m.)	+16.5%
Zona C	-3.0°C en hora pico (2:00 p.m.)	+5.8%

**Tabla 34.** Comparativa no. 1 del día 3 de Fase B. Fuente: propia.

En la segunda tabla, se muestra el impacto de cada una de las zonas del proyecto con respecto al estado de cada una de las zonas del DCT en la misma hora pico del día que se está analizando, y la diferencia del porcentaje de HR se muestra con respecto a la línea graficada de HR exterior que nos proporciona la estación meteorológica en este mismo día analizado. La segunda tabla se muestra a continuación:

**Resultados comparativos y de impactos del día 3 de experimentación de Fase B, correspondiente al día 3 de octubre de 2016**

Zonas del proyecto	Temperatura respecto al exterior (°C)	Impacto positivo respecto a DCT	Impacto negativo Respecto a DCT	Humedad Relativa respecto al exterior (%)
Zona D	-1.5°C (2:00 p.m.)	-0.5°C	x	+5.0%(2:00 p.m.)
Zona B	-4.8°C (2:00 p.m.)	x	+0.9°C	+19.4% (2:00 p.m.)
Zona C	-5.1°C (2:00 p.m.)	-2.1°C	x	+23.0% (2:00 p.m.)

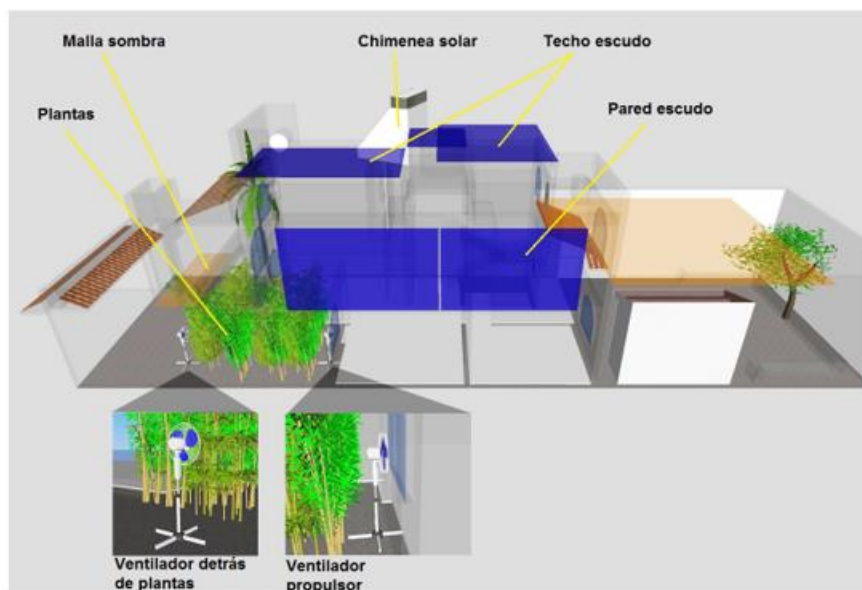
**Tabla 35.** Comparativa no. 2 del día 3 de Fase B. Fuente: propia

Finalmente, es importante mencionar que la comparativa se muestra con signos negativo (-) y positivo (+) dependiendo de si la temperatura o el porcentaje de HR están por encima (usando el positivo) o por debajo (usando el negativo) del nivel con el que están siendo comparados además de los colores distintivos ya mencionados.

La tabla anterior muestra los resultados obtenidos a la hora pico del día analizado, en este caso a las 2:00 p.m. Dichos resultados son en comparación con los que se obtienen de la estación meteorológica automatizada ubicada en la Estación Climatológica de la U.A.S. que se encuentra a menos de un kilómetro de distancia con el proyecto.

## Fase B – Día 4 (5 de octubre de 2016)

La siguiente imagen muestra las estrategias implementadas en este día de experimentación:



**Imagen F09.** Fase B, Día 4 (5 de octubre de 2016)

Fuente: propia

El siguiente recuadro muestra los sucesos que acontecieron en este día de experimentación, cada suceso puede ser un factor determinante en el comportamiento higrotérmico que se analiza más adelante.

### **Sucesos:**

**12:00 a.m.**

Se ubican dos ventiladores: uno tras las plantas y el otro frente a ellas, ambos apuntando hacia el interior de la casa y en velocidad 1.

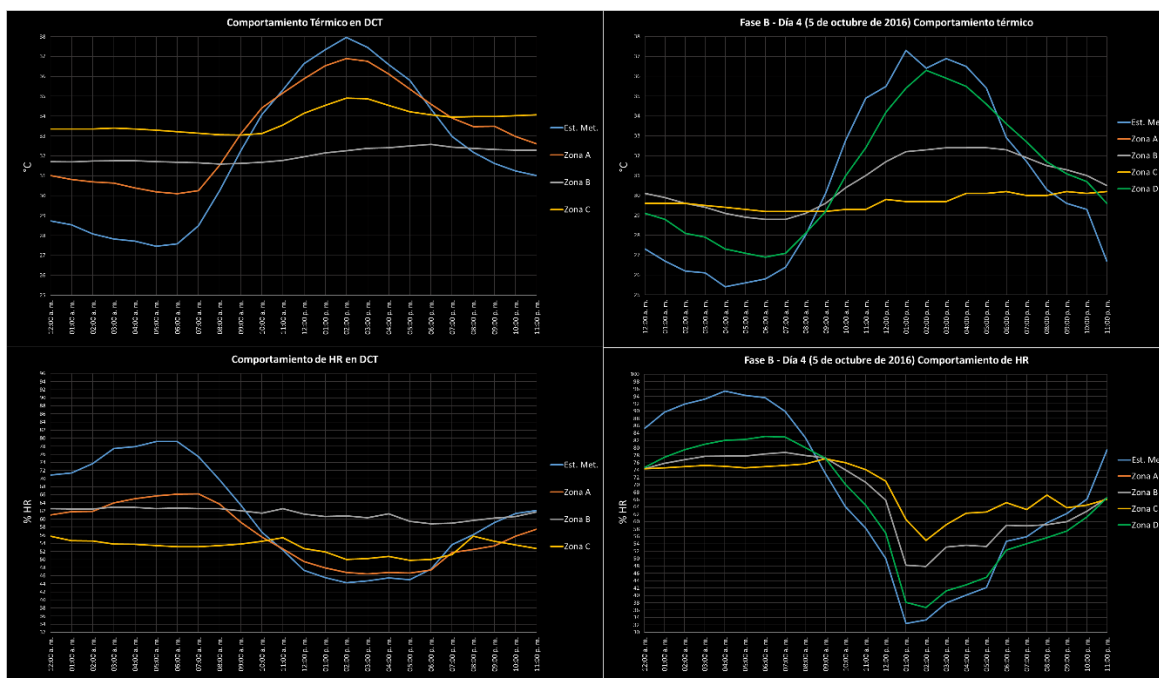
Los valores registrados en este día tanto de temperatura como de HR en cada una de las zonas y en la estación meteorológica automatizada son mostradas en la siguiente tabla:

Fecha	Hora	Est. Met.		Zona A		Zona B		Zona C		Zona D	
		Est. Met. Ten	Est. Met. HR	Z.A. Temp	Z.A. HR	Z.B. Temp	Z.B. HR	Z.C. Temp	Z.C. HR	Z.C. Temp	Z.C. HR
05/10/2016	12:00 a. m.	27.3	85.3	n/d	n/d	30.1	74.4	29.6	74.4	29.1	74.7
05/10/2016	01:00 a. m.	26.7	89.7	n/d	n/d	29.9	75.8	29.6	74.6	28.8	77.5
05/10/2016	02:00 a. m.	26.2	91.9	n/d	n/d	29.6	76.8	29.6	74.9	28.1	79.5
05/10/2016	03:00 a. m.	26.1	93.2	n/d	n/d	29.4	77.7	29.5	75.3	27.9	81
05/10/2016	04:00 a. m.	25.4	95.4	n/d	n/d	29.1	77.8	29.4	75	27.3	82.1
05/10/2016	05:00 a. m.	25.6	94.3	n/d	n/d	28.9	77.8	29.3	74.6	27.1	82.3
05/10/2016	06:00 a. m.	25.8	93.6	n/d	n/d	28.8	78.4	29.2	74.9	26.9	83.1
05/10/2016	07:00 a. m.	26.4	89.9	n/d	n/d	28.8	78.8	29.2	75.3	27.1	83
05/10/2016	08:00 a. m.	28	82.8	n/d	n/d	29.1	78	29.2	75.7	28.1	80.1
05/10/2016	09:00 a. m.	30.1	73.1	n/d	n/d	29.6	77.3	29.2	77.1	29.2	77.2
05/10/2016	10:00 a. m.	32.8	64	n/d	n/d	30.4	74	29.3	76	31	70.1
05/10/2016	11:00 a. m.	34.9	58.2	n/d	n/d	31	70.7	29.3	74.1	32.4	64.4
05/10/2016	12:00 p. m.	35.5	50	n/d	n/d	31.7	65.8	29.8	71	34.2	56.9
05/10/2016	01:00 p. m.	37.3	32.4	n/d	n/d	32.2	48.2	29.7	60.6	35.4	38.1
05/10/2016	02:00 p. m.	36.4	33.4	n/d	n/d	32.3	47.9	29.7	54.9	36.3	36.7
05/10/2016	03:00 p. m.	36.9	38	n/d	n/d	32.4	53.1	29.7	59.2	35.9	41.2
05/10/2016	04:00 p. m.	36.5	40.1	n/d	n/d	32.4	53.6	30.1	62.3	35.5	42.9
05/10/2016	05:00 p. m.	35.4	42.1	n/d	n/d	32.4	53.3	30.1	62.6	34.6	44.9
05/10/2016	06:00 p. m.	32.9	54.7	n/d	n/d	32.3	59	30.2	65.2	33.6	52.3
05/10/2016	07:00 p. m.	31.7	55.9	n/d	n/d	31.9	58.9	30	63.3	32.7	54
05/10/2016	08:00 p. m.	30.3	59.7	n/d	n/d	31.5	59.2	30	67.2	31.7	55.7
05/10/2016	09:00 p. m.	29.6	62.2	n/d	n/d	31.3	60	30.2	63.8	31.1	57.5
05/10/2016	10:00 p. m.	29.3	66.2	n/d	n/d	31	62.9	30.1	64.5	30.7	61.3
05/10/2016	11:00 p. m.	26.7	79.5	n/d	n/d	30.5	66.5	30.2	66.1	29.6	66.5

**Tabla 36.** Valores de temperatura y HR del día 5 de octubre de 2016

Fuente: propia

Las siguientes gráficas nos muestran el comportamiento gráfico de manera lineal de los valores registrados en la tabla anterior: primero, horizontalmente, y en la parte superior, se muestran dos gráficas: la gráfica del comportamiento térmico del DCT y la del comportamiento térmico del día aquí analizado para ser comparadas entre sí, dándonos una referencia visual de los impactos obtenidos en la cuestión térmica mediante la estrategia aplicada este día; después, también horizontalmente, pero en la parte inferior, se muestran las gráficas de los porcentajes de HR tanto del DCT como del día analizado en esta sección para ser también una comparativa visual entre ambos.



**Gráfica 42.** Análisis comparativos de temperatura y de humedad entre DCT y Día 4 de Fase B

Fuente: propia

## Análisis:

Nuevamente **el microclima no es significativo** y es como si no se tuviera una presencia de plantas que puedan disminuir la temperatura y regular la humedad, por lo que **la Fase B del proyecto no es adecuada como tratamiento bioclimático para esta vivienda, y por consecuencia la Fase C no tiene lugar para su aplicación.**

Teniendo un exceso térmico caliente en la Zona B, la zona C se ve afectada también y esto nos ayuda a determinar el impacto de la chimenea solar de una manera real en un ambiente extremo cálido como es la ciudad de Culiacán en un día donde la temperatura alcanza un máximo de 37.3°C, aquí la Zona C tiene 7.6°C menos que en el exterior (medición de la estación meteorológica automatizada), y al ser comparada con el DCT en donde a la 1:00 p.m., se tiene una diferencia entre el exterior y la Zona C de 2.8°C, **a causa del uso de la chimenea solar se tiene una reducción térmica de 4.8°C.**



### Resultados:

Las tablas que se mostrarán a continuación son comparativas y muestran el impacto máximo registrado (favorable o desfavorable, dependiendo sea el caso) que sucede en la hora pico del día que se estudia respecto al exterior de la vivienda. Es importante mencionar que la comparativa se muestra con signos negativo (-) y positivo (+) dependiendo de si la temperatura o el porcentaje de HR están por encima (usando el positivo) o por debajo (usando el negativo) del nivel con el que están siendo comparados.

En la primera tabla se muestra la referencia del estado original de la vivienda mediante la tabla que describe el DCT enfocada a la hora pico del día que se analiza en esta sección, describiendo de esta manera la temperatura respecto al exterior de cada una de las zonas del proyecto y la diferencia en porcentaje de HR que cada una de estas zonas tiene con respecto al porcentaje exterior en el DCT. La primera tabla comparativa mostrando la referencia que da el DCT se muestra a continuación:

#### **Referencia del DCT en la hora pico del día analizado:**

Zonas del proyecto	Temperatura respecto al exterior (°C)	Humedad Relativa respecto al exterior (%)
Zona A	-0.8°C (1:00 p.m.)	+2.4% (1:00 p.m.)
Zona B	-5.2°C (1:00 p.m.)	+15.1% (1:00 p.m.)
Zona C	-2.8°C (1:00 p.m.)	+6.4% (1:00 p.m.)

**Tabla 37.** Comparativa no. 1 del día 4 de Fase B. Fuente: propia

En la segunda tabla, se muestra el impacto de cada una de las zonas del proyecto con respecto al estado de cada una de las zonas del DCT en la misma hora pico del día que se está analizando, y la diferencia del porcentaje de HR se muestra con respecto a la línea graficada de HR exterior que nos proporciona la estación meteorológica en este mismo día analizado. La segunda tabla se muestra a continuación:

**Resultados comparativos y de impactos del día 4 de experimentación de Fase B, correspondiente al día 5 de octubre de 2016**

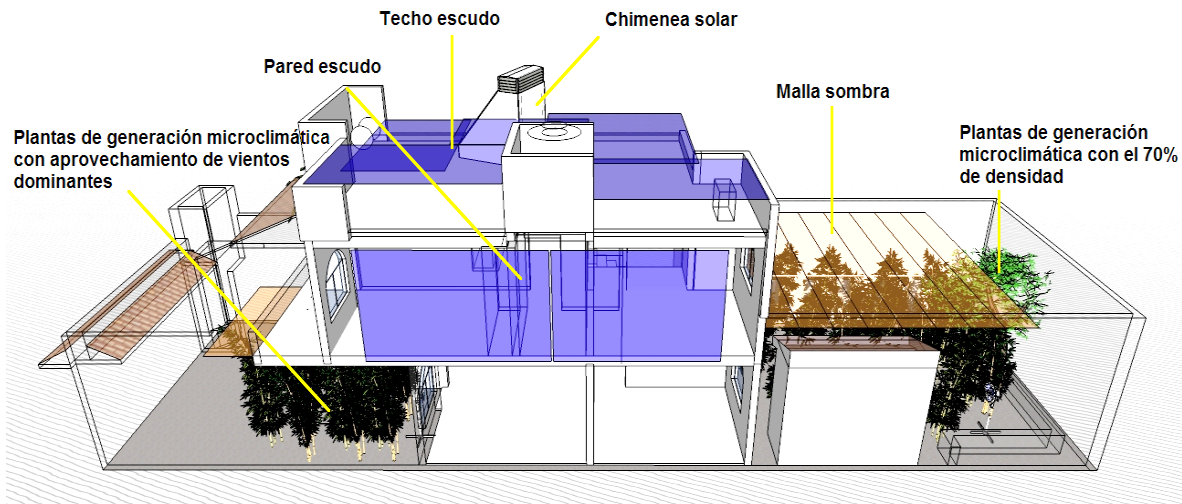
Zonas del proyecto	Temperatura respecto al exterior (°C)	Impacto positivo respecto a DCT	Impacto negativo respecto a DCT	Humedad Relativa respecto al exterior (%)
Zona D	-1.9°C (1:00 p.m.)	-1.1°C	x	+5.7% (1:00 p.m.)
Zona B	-5.1°C (1:00 p.m.)	x	+0.1°C	+15.8% (1:00 p.m.)
Zona C	-7.6°C (1:00 p.m.)	-4.8°C	x	+28.2% (1:00 p.m.)

**Tabla 38.** Comparativa no. 2 del día 4 de Fase B. Fuente: propia

Finalmente, es importante mencionar que la comparativa se muestra con signos negativo (-) y positivo (+) dependiendo de si la temperatura o el porcentaje de HR están por encima (usando el positivo) o por debajo (usando el negativo) del nivel con el que están siendo comparados además de los colores distintivos ya mencionados.

La tabla anterior muestra los resultados obtenidos a la hora pico del día analizado, en este caso a las 1:00 p.m. Dichos resultados son en comparación con los que se obtienen de la estación meteorológica automatizada ubicada en la Estación Climatológica de la U.A.S. que se encuentra a menos de un kilómetro de distancia con el proyecto.

## Fase C – Cancelada



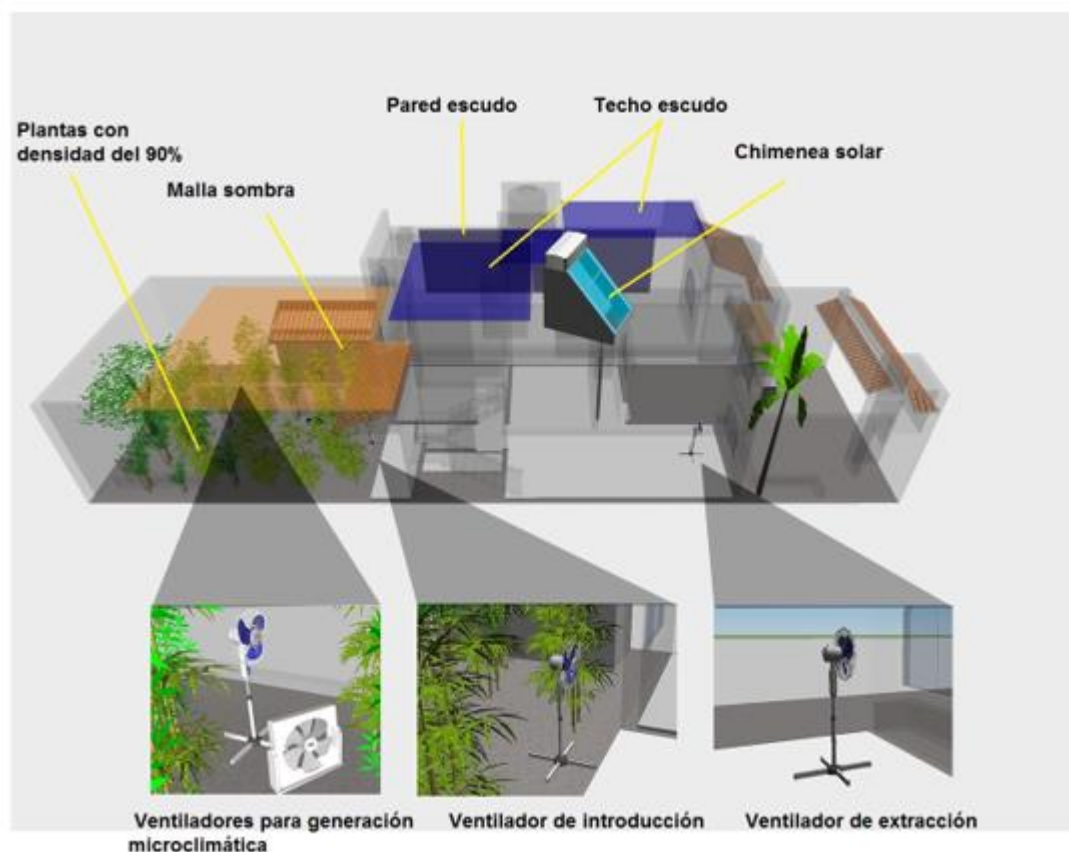
**Imagen F10.** Fase C, Día 1

Fuente: propia

Debido a que la Fase B resultó no adecuada para este proyecto, al ser parte fundamental de la Fase C ocasiona la cancelación de la misma, que básicamente, consiste en tener a dos áreas de generación microclimática mediante plantas (Zonas A y D) para el beneficio de las dos zonas interiores en la casa (Zonas B y C).

## Fase D – Día 1 (7 de octubre de 2016)

La siguiente imagen muestra las estrategias implementadas en este día de experimentación:



**Imagen F11.** Fase D, Día 1 (7 de octubre de 2016)

Fuente: propia

El siguiente recuadro muestra los sucesos que acontecieron en este día de experimentación, cada suceso puede ser un factor determinante en el comportamiento higrotérmico que se analiza más adelante.

### **Sucesos:**

**12:00 a.m.**

Todas las plantas en patio conforman una densidad del 90%, se colocan 2 ventiladores en su primera velocidad en los extremos noreste y noroeste del patio (Zona A), se ubica un ventilador al

sur del patio que funciona como introductor de aire hacia la Zona B y uno más en la cocina (Zona B) funcionando como extractor de aire.

Los valores registrados en este día tanto de temperatura como de HR en cada una de las zonas y en la estación meteorológica automatizada son mostradas en la siguiente tabla:

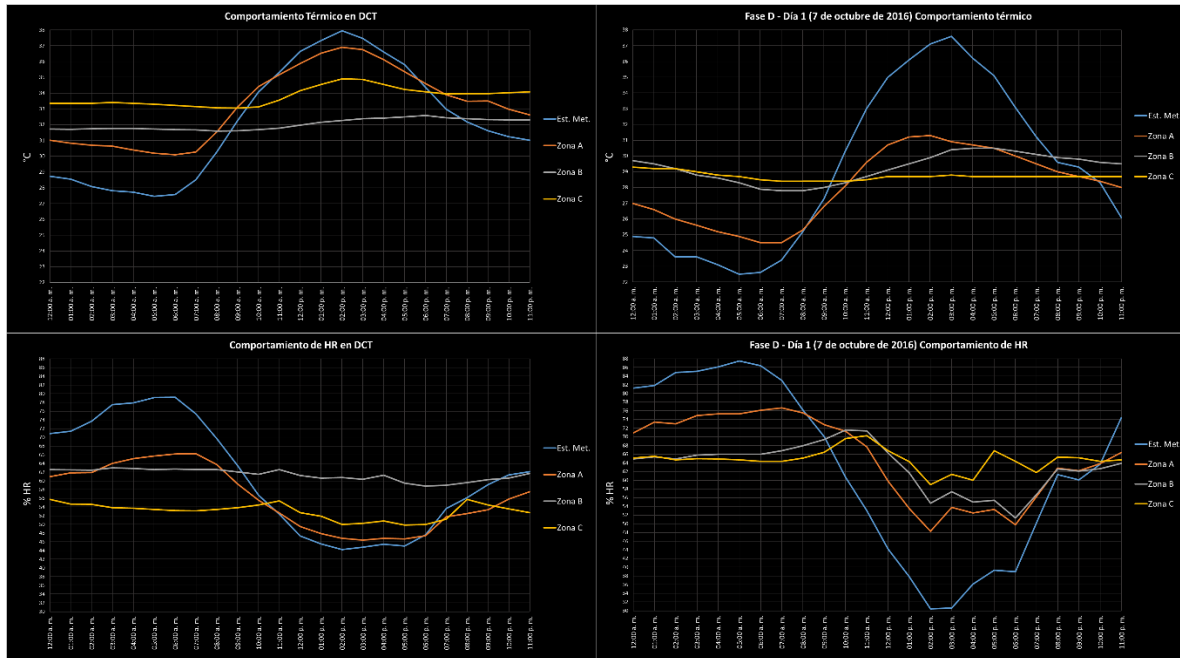
Fecha	Hora	Est. Met.		Zona A		Zona B		Zona C	
		Est. Met. Temp	Est. Met. HR	Z.A. Temp	Z.A. HR	Z.B. Temp	Z.B. HR	Z.C. Temp	Z.C. HR
07/10/2016	12:00 a. m.	24.9	81.2	27	70.9	29.7	64.9	29.3	65.1
07/10/2016	01:00 a. m.	24.8	81.8	26.6	73.4	29.5	65.4	29.2	65.5
07/10/2016	02:00 a. m.	23.6	84.8	26	73	29.2	64.9	29.2	64.7
07/10/2016	03:00 a. m.	23.6	85.1	25.6	74.9	28.8	65.8	29	65
07/10/2016	04:00 a. m.	23.1	86.1	25.2	75.3	28.6	66	28.8	64.9
07/10/2016	05:00 a. m.	22.5	87.5	24.9	75.3	28.3	66	28.7	64.7
07/10/2016	06:00 a. m.	22.6	86.4	24.5	76.1	27.9	66	28.5	64.4
07/10/2016	07:00 a. m.	23.4	83	24.5	76.7	27.8	66.8	28.4	64.4
07/10/2016	08:00 a. m.	25.2	76.1	25.3	75.5	27.8	68	28.4	65.1
07/10/2016	09:00 a. m.	27.3	70	26.8	72.8	28	69.4	28.4	66.5
07/10/2016	10:00 a. m.	30.3	60.7	28.1	71.3	28.3	71.6	28.4	69.6
07/10/2016	11:00 a. m.	33	53	29.6	67.7	28.7	71.4	28.5	70.3
07/10/2016	12:00 p. m.	35	44.2	30.7	59.8	29.1	66.3	28.7	66.8
07/10/2016	01:00 p. m.	36.1	37.8	31.2	53.5	29.5	61.7	28.7	64.3
07/10/2016	02:00 p. m.	37.1	30.4	31.3	48.3	29.9	54.7	28.7	59
07/10/2016	03:00 p. m.	37.6	30.6	30.9	53.8	30.4	57.4	28.8	61.4
07/10/2016	04:00 p. m.	36.2	36.1	30.7	52.5	30.5	55	28.7	60
07/10/2016	05:00 p. m.	35.1	39.3	30.5	53.3	30.5	55.4	28.7	66.8
07/10/2016	06:00 p. m.	33.1	39	30	49.8	30.3	51.3	28.7	64.4
07/10/2016	07:00 p. m.	31.2	50.2	29.5	56.2	30.1	56.7	28.7	61.8
07/10/2016	08:00 p. m.	29.6	61.3	29	62.8	29.9	62.6	28.7	65.3
07/10/2016	09:00 p. m.	29.3	60.1	28.7	62.2	29.8	62.1	28.7	65.2
07/10/2016	10:00 p. m.	28.3	63.7	28.4	63.8	29.6	62.7	28.7	64.4
07/10/2016	11:00 p. m.	26.1	74.4	28	66.4	29.5	63.9	28.7	64.7

**Tabla 39.** Valores de temperatura y HR del día 7 de octubre de 2016

Fuente: propia

Las siguientes gráficas nos muestran el comportamiento gráfico de manera lineal de los valores registrados en la tabla anterior: primero, horizontalmente, y en la parte superior, se muestran dos gráficas: la gráfica del comportamiento térmico del DCT y la del comportamiento térmico del día aquí analizado para ser comparadas entre sí, dándonos una referencia visual de los impactos obtenidos en la cuestión térmica mediante la estrategia aplicada este día; después, también horizontalmente, pero en la parte inferior, se muestran las gráficas de los porcentajes de HR tanto del DCT

como del día analizado en esta sección para ser también una comparativa visual entre ambos.



**Gráfica 43.** Análisis comparativos de temperatura y de humedad entre DCT y Día 1 de Fase D

Fuente: propia

### Análisis:

El análisis muestra una mejora térmica importante y un aumento de HR general -pero no excesivo- en las 3 zonas de estudio, lo que confirma un **éxito en el sistema implementado**.

**Se lograron 3 impactos positivos significativos**, uno para cada uno de las zonas estudiadas del proyecto: el primero se refiere a 6°C menos en la Zona A con respecto al DCT, con respecto a la estación meteorológica ese día, se tuvo un registro de 6.7°C menos que en el exterior; en la Zona B se tuvo un impacto de 2.1°C con respecto al DCT, con respecto a la estación meteorológica ese día, se tuvo un registro de 7.2°C menos que en el exterior; finalmente, en la Zona C, se tuvo un impacto de 6.2°C comparado con el DCT, y comparado con la estación meteorológica ese mismo día, se tuvo impacto de 8.8°C menos que en el exterior.



## Resultados:

Las tablas que se mostrarán a continuación son comparativas y muestran el impacto máximo registrado (favorable o desfavorable, dependiendo sea el caso) que sucede en la hora pico del día que se estudia respecto al exterior de la vivienda. Es importante mencionar que la comparativa se muestra con signos negativo (-) y positivo (+) dependiendo de si la temperatura o el porcentaje de HR están por encima (usando el positivo) o por debajo (usando el negativo) del nivel con el que están siendo comparados.

En la primera tabla se muestra la referencia del estado original de la vivienda mediante la tabla que describe el DCT enfocada a la hora pico del día que se analiza en esta sección, describiendo de esta manera la temperatura respecto al exterior de cada una de las zonas del proyecto y la diferencia en porcentaje de HR que cada una de estas zonas tiene con respecto al porcentaje exterior en el DCT. La primera tabla comparativa mostrando la referencia que da el DCT se muestra a continuación:

### **Referencia del DCT en la hora pico del día analizado:**

Zonas del proyecto	Temperatura respecto al exterior (°C)	Humedad Relativa respecto al exterior (%)
Zona A	-0.7°C (3:00 p.m.)	+1.7% (3:00 p.m.)
Zona B	-5.1°C (3:00 p.m.)	+15.6% (3:00 p.m.)
Zona C	-2.6°C (3:00 p.m.)	+5.5% (3:00 p.m.)

**Tabla 40.** Comparativa no. 1 del día 1 de Fase D. Fuente: propia

En la segunda tabla, se muestra el impacto de cada una de las zonas del proyecto con respecto al estado de cada una de las zonas del DCT en la misma hora pico del día que se está analizando, y la diferencia del porcentaje de HR se muestra con respecto a la línea graficada de HR exterior que nos proporciona la estación meteorológica en este mismo día analizado. La segunda tabla se muestra a continuación:

**Resultados comparativos y de impactos del día 1 de experimentación de Fase D, correspondiente al día 7 de octubre de 2016**

<b>Zonas del proyecto</b>	<b>Temperatura respecto al exterior (°C)</b>	<b>Impacto positivo respecto a DCT</b>	<b>Impacto negativo respecto a DCT</b>	<b>Humedad Relativa respecto al exterior (%)</b>
Zona A	-6.7°C (3:00 p.m.)	-6.0°C	x	+23.2% (3:00 p.m.)
Zona B	-7.2°C (3:00 p.m.)	-2.1°C	x	+26.8%(3:00 p.m.)
Zona C	-8.8°C (3:00 p.m.)	-6.2°C	x	+30.8%(3:00 p.m.)

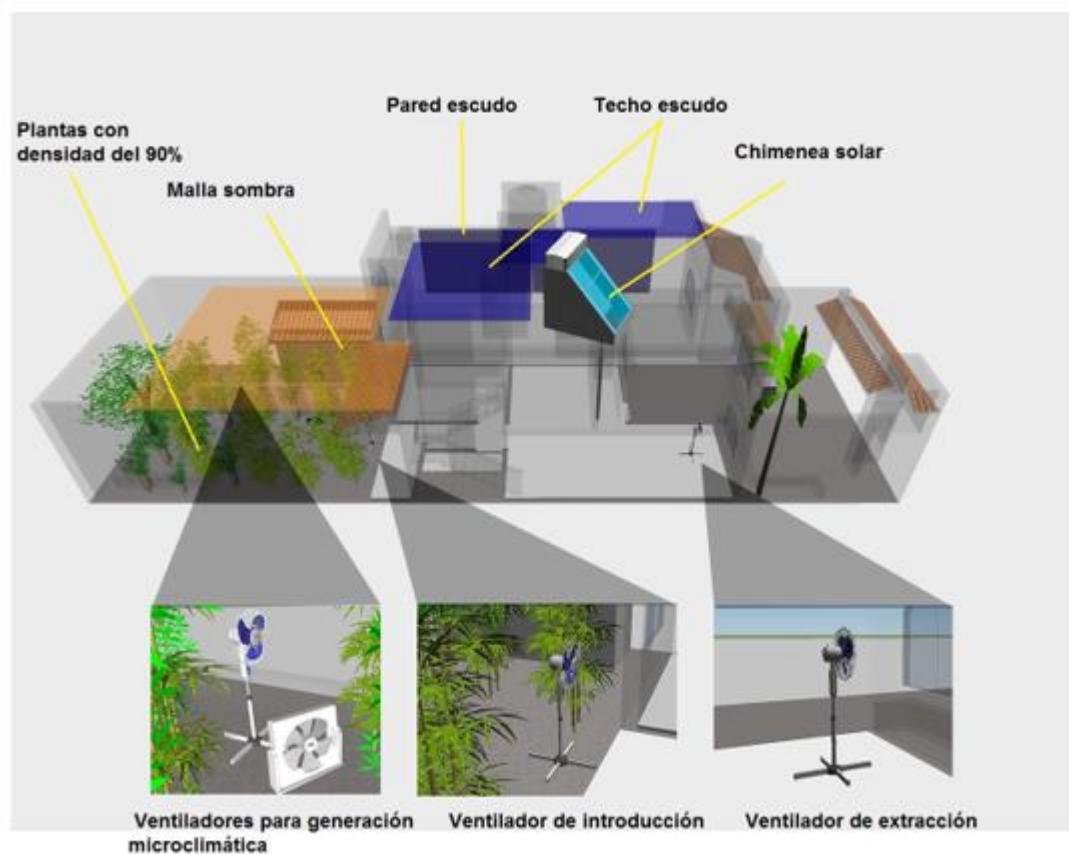
**Tabla 41.** Comparativa no. 2 del día 1 de Fase D. Fuente: propia

Finalmente, es importante mencionar que la comparativa se muestra con signos negativo (-) y positivo (+) dependiendo de si la temperatura o el porcentaje de HR están por encima (usando el positivo) o por debajo (usando el negativo) del nivel con el que están siendo comparados además de los colores distintivos ya mencionados.

La tabla anterior muestra los resultados obtenidos a la hora pico del día analizado, en este caso a las 3:00 p.m. Dichos resultados son en comparación con los que se obtienen de la estación meteorológica automatizada ubicada en la Estación Climatológica de la U.A.S. que se encuentra a menos de un kilómetro de distancia con el proyecto.

## Fase D – Día 2 (8 de octubre de 2016)

La siguiente imagen muestra las estrategias implementadas en este día de experimentación:



**Imagen F12.** Fase D, Día 2 (8 de octubre de 2016)

Fuente: propia

El siguiente recuadro muestra los sucesos que acontecieron en este día de experimentación, cada suceso puede ser un factor determinante en el comportamiento higrotérmico que se analiza más adelante.

### Sucesos:

**12:00 a.m.**

4 ventiladores encendidos

**10:00 a.m.**

Se hace un riego general de plantas, se reubican los ventiladores apuntando hacia la puerta del patio, siguen funcionando los interiores (Zona B).

**4:30 p.m.**

La casa se percibe fresca, hay sensación de confort en sus usuarios.

Los valores registrados en este día tanto de temperatura como de HR en cada una de las zonas y en la estación meteorológica automatizada son mostradas en la siguiente tabla:

Fecha	Hora	Est. Met.		Zona A		Zona B		Zona C	
		Est. Met. Temp	Est. Met. HR	Z.A. Temp	Z.A. HR	Z.B. Temp	Z.B. HR	Z.C. Temp	Z.C. HR
08/10/2016	12:00 a. m.	25.2	76.5	29.9	60.1	29.4	63.6	28.7	64.2
08/10/2016	01:00 a. m.	24.7	79.8	27.2	68.1	29.1	65.1	28.6	65.1
08/10/2016	02:00 a. m.	24.3	85.3	26.4	73	28.8	68	28.6	66.6
08/10/2016	03:00 a. m.	24.5	83.5	26.2	73.8	28.5	68.2	28.5	66.9
08/10/2016	04:00 a. m.	24.4	85.9	26	75.2	28.4	69.6	28.4	67.9
08/10/2016	05:00 a. m.	24.5	78.9	25.9	71.9	28.1	66.9	28.3	65.7
08/10/2016	06:00 a. m.	24.9	80	26	73	28.1	68.1	28.3	66.3
08/10/2016	07:00 a. m.	24	84.7	25.7	75.1	27.9	69.6	28.2	67.1
08/10/2016	08:00 a. m.	26.2	77.9	26.5	74.5	28.1	70.9	28.2	68.8
08/10/2016	09:00 a. m.	28.9	68.1	27.4	73.3	28.3	71.6	28.2	70
08/10/2016	10:00 a. m.	31.8	57.8	28.1	78.6	28.6	75.9	28.4	74.4
08/10/2016	11:00 a. m.	34.5	48.6	29.3	69.8	28.9	73.1	28.4	72.7
08/10/2016	12:00 p. m.	35.9	46.1	30.7	64.9	29.4	70.7	28.6	71.4
08/10/2016	01:00 p. m.	36.6	40.9	31.4	60	29.8	67.2	28.7	69.3
08/10/2016	02:00 p. m.	38.3	34	31.6	56.4	30.1	62.5	28.7	66.2
08/10/2016	03:00 p. m.	38.4	33.4	31.7	53.7	30.3	60	28.7	64.3
08/10/2016	04:00 p. m.	35.7	43.8	31.6	56.9	30.4	62.3	28.8	66.2
08/10/2016	05:00 p. m.	34.6	41.3	31	54.6	30.4	59.1	28.8	64.8
08/10/2016	06:00 p. m.	32.8	46.6	30.4	55.5	30.3	58.1	28.8	62.9
08/10/2016	07:00 p. m.	31.1	57.9	29.9	61.8	30.2	63.3	28.8	66
08/10/2016	08:00 p. m.	30	67.7	29.5	67.4	30.1	68.3	28.9	70.7
08/10/2016	09:00 p. m.	29.6	69.9	29.3	69.2	30.1	69.7	28.9	71.9
08/10/2016	10:00 p. m.	28.2	72.8	29	69.4	29.9	69.2	28.9	71.4
08/10/2016	11:00 p. m.	27.4	72.1	28.6	67.1	29.7	66.5	28.9	68.4

**Tabla 42.** Valores de temperatura y HR del día 8 de octubre de 2016

Fuente: propia

Las siguientes gráficas nos muestran el comportamiento gráfico de manera lineal de los valores registrados en la tabla anterior: primero, horizontalmente, y en la parte superior, se muestran dos gráficas: la gráfica del comportamiento térmico del DCT y la del comportamiento térmico del día aquí analizado para ser comparadas entre sí, dándonos una referencia visual de los impactos obtenidos en la cuestión térmica mediante la estrategia aplicada este día; después, también horizontalmente, pero en la parte inferior, se muestran las gráficas de los porcentajes de HR tanto del DCT

como del día analizado en esta sección para ser también una comparativa visual entre ambos.



**Gráfica 44.** Análisis comparativos de temperatura y de humedad entre DCT y Día 2 de Fase D

Fuente: propia

## Análisis:

Se analiza el día 2 de la Fase D, en donde se utilizan 4 ventiladores, dos de ellos son para favorecer la generación microclimática simulando viento natural y los otros dos son para favorecer el intercambio térmico entre el patio (Zona A) y el interior de la vivienda en planta baja (Zona B) y planta alta (Zona C) mediante una ventilación cruzada provocada artificialmente.

El riego a las 10 a.m. favorece la evapotranspiración de las plantas, pero no significa un impacto ni en la cuestión de humedad ni en la térmica el hecho de regarlas.

Es notorio cómo las plantas, con su generación microclimática, produjeron una diferencia térmica de  $6.0^{\circ}\text{C}$  entre la Zona A y la temperatura ambiente exterior, eso sin tomar en cuenta la temperatura que disminuye el uso de malla sombra ( $3.2^{\circ}\text{C}$ )<sup>14</sup>. También es notorio cómo los ventiladores favorecen tanto la producción microclimática como el intercambio térmico entre zonas, aunque la Zona C no es

<sup>14</sup> Para consultar este dato es necesario ir a la sección de evaluación de corrección de malla sombra.

impactada con el aumento térmico que produce la hora pico térmica extrema, si es impactada con el aumento de HR de una manera moderada.

En este caso, la humedad ayuda a que la sensación térmica sea menos cálida y los huéspedes sienten un *confort térmico* todo el día.

Hasta este día, las Zonas B y C nunca habían tenido un descenso térmico tan importante.

### Resultados:

Las tablas que se mostrarán a continuación son comparativas y muestran el impacto máximo registrado (favorable o desfavorable, dependiendo sea el caso) que sucede en la hora pico del día que se estudia respecto al exterior de la vivienda. Es importante mencionar que la comparativa se muestra con signos negativo (-) y positivo (+) dependiendo de si la temperatura o el porcentaje de HR están por encima (usando el positivo) o por debajo (usando el negativo) del nivel con el que están siendo comparados.

En la primera tabla se muestra la referencia del estado original de la vivienda mediante la tabla que describe el DCT enfocada a la hora pico del día que se analiza en esta sección, describiendo de esta manera la temperatura respecto al exterior de cada una de las zonas del proyecto y la diferencia en porcentaje de HR que cada una de estas zonas tiene con respecto al porcentaje exterior en el DCT. La primera tabla comparativa mostrando la referencia que da el DCT se muestra a continuación:

### **Referencia del DCT en la hora pico del día analizado:**

Zonas del proyecto	Temperatura respecto al exterior (°C)	Humedad Relativa respecto al exterior (%)
Zona A	-0.7°C (3:00 p.m.)	+1.7% (3:00 p.m.)
Zona B	-5.1°C (3:00 p.m.)	+15.6% (3:00 p.m.)
Zona C	-2.6°C (3:00 p.m.)	+5.5% (3:00 p.m.)

**Tabla 43.** Comparativa no. 1 del día 2 de Fase D. Fuente: propia



En la segunda tabla, se muestra el impacto de cada una de las zonas del proyecto con respecto al estado de cada una de las zonas del DCT en la misma hora pico del día que se está analizando, y la diferencia del porcentaje de HR se muestra con respecto a la línea graficada de HR exterior que nos proporciona la estación meteorológica en este mismo día analizado. La segunda tabla se muestra a continuación:

**Resultados comparativos y de impactos del día 2 de experimentación de Fase D, correspondiente al día 8 de octubre de 2016**

Zonas del proyecto	Temperatura respecto al exterior (°C)	Impacto positivo respecto a DCT	Impacto negativo respecto a DCT	Humedad Relativa respecto al exterior (%)
Zona A	-6.7°C (3:00 p.m.)	-6.0°C	x	+20.3% (3:00 p.m.)
Zona B	-8.1°C (3:00 p.m.)	-3.0°C	x	+26.6%(3:00 p.m.)
Zona C	-9.7°C (3:00 p.m.)	-7.1°C	x	+30.9%(3:00 p.m.)

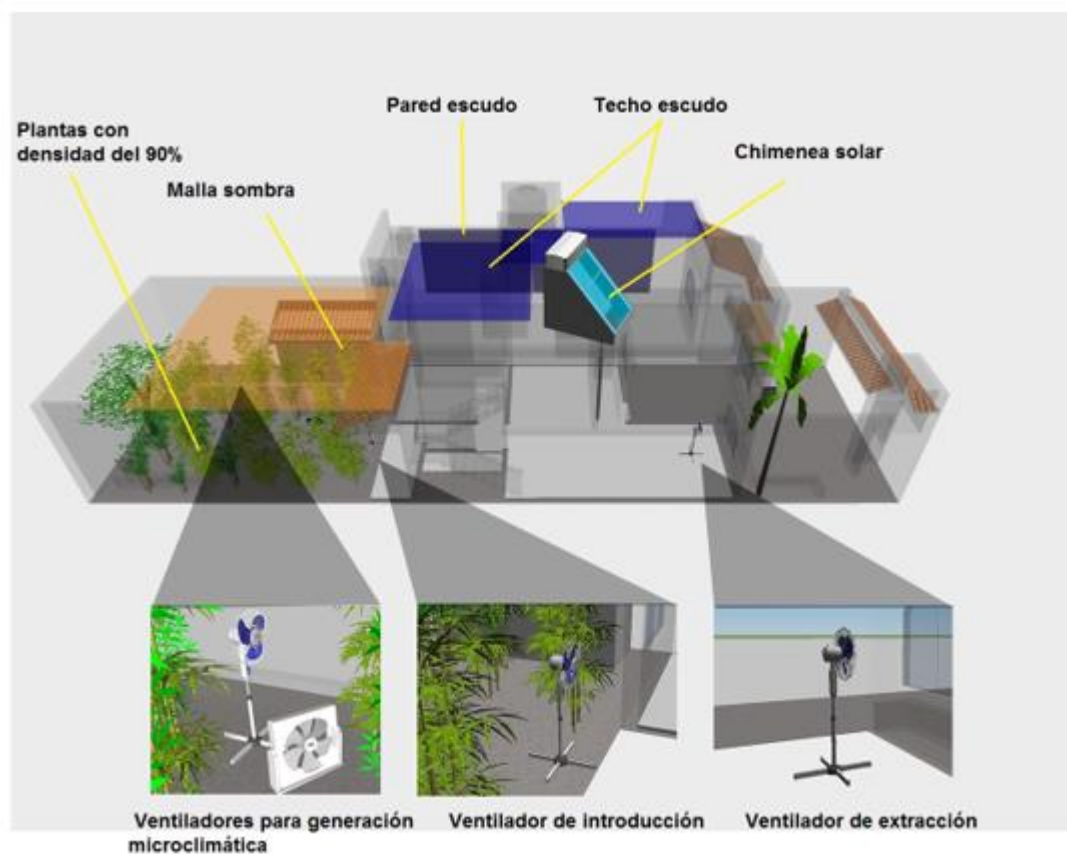
**Tabla 44.** Comparativa no. 2 del día 2 de Fase D. Fuente: propia

Finalmente, es importante mencionar que la comparativa se muestra con signos negativo (-) y positivo (+) dependiendo de si la temperatura o el porcentaje de HR están por encima (usando el positivo) o por debajo (usando el negativo) del nivel con el que están siendo comparados además de los colores distintivos ya mencionados.

La tabla anterior muestra los resultados obtenidos a la hora pico del día analizado, en este caso a las 3:00 p.m. Dichos resultados son en comparación con los que se obtienen de la estación meteorológica automatizada ubicada en la Estación Climatológica de la U.A.S. que se encuentra a menos de un kilómetro de distancia con el proyecto.

### Fase D – Día 3 (9 de octubre de 2016)

La siguiente imagen muestra las estrategias implementadas en este día de experimentación:



**Imagen F13.** Fase D, Día 3 (8 de octubre de 2016)

Fuente: propia

El siguiente recuadro muestra los sucesos que acontecieron en este día de experimentación, cada suceso puede ser un factor determinante en el comportamiento higrotérmico que se analiza más adelante.

#### **Sucesos:**

**12:00 a.m.**

4 ventiladores encendidos

**2:40 a.m.**

Se hace un riego de follaje de plantas, no de raíces.

**12:20 p.m.**

Se humidifica el patio manualmente durante 1 minuto y con el sistema de brisa durante 2 minutos.

**1:30 p.m.**

Ventilador extractor de cocina se aumenta a velocidad 2.

Los valores registrados en este día tanto de temperatura como de HR en cada una de las zonas y en la estación meteorológica automatizada son mostradas en la siguiente tabla:

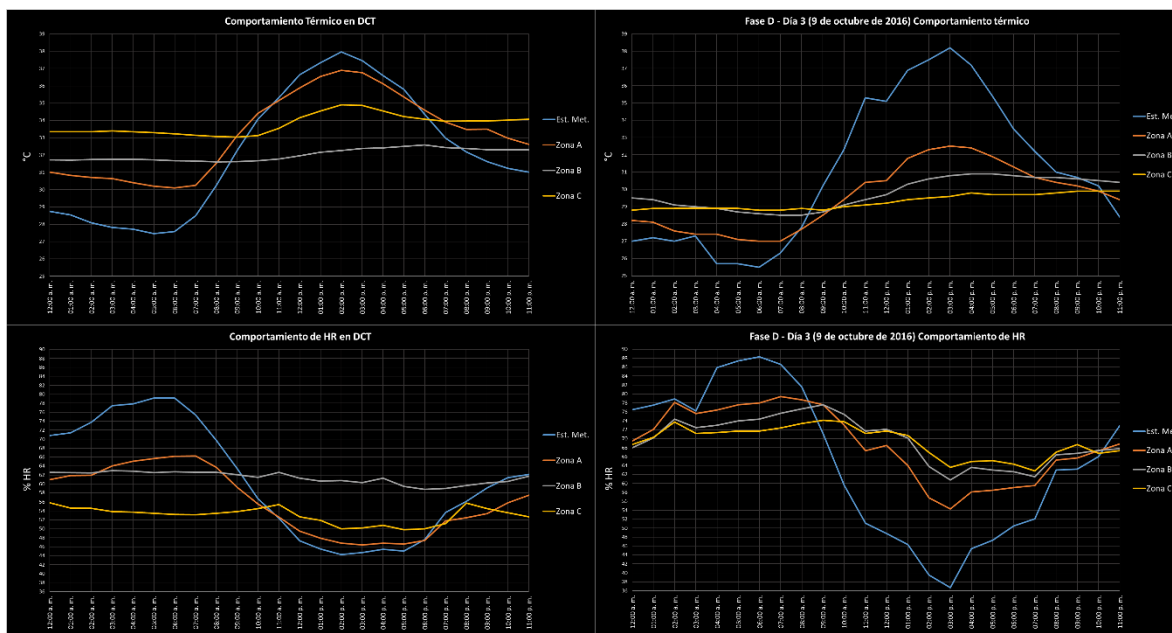
Fecha	Hora	Est. Met.		Zona A		Zona B		Zona C	
		Est. Met. Temp	Est. Met. HR	Z.A. Temp	Z.A. HR	Z.B. Temp	Z.B. HR	Z.C. Temp	Z.C. HR
09/10/2016	12:00 a. m.	27	76.5	28.2	69.5	29.5	68	28.8	68.7
09/10/2016	01:00 a. m.	27.2	77.5	28.1	72.1	29.4	70.2	28.9	70.3
09/10/2016	02:00 a. m.	27	78.9	27.6	78.1	29.1	74.4	28.9	73.7
09/10/2016	03:00 a. m.	27.3	76.2	27.4	75.6	29	72.5	28.9	71.2
09/10/2016	04:00 a. m.	25.7	85.9	27.4	76.4	28.9	73	28.9	71.4
09/10/2016	05:00 a. m.	25.7	87.4	27.1	77.6	28.7	74	28.9	71.7
09/10/2016	06:00 a. m.	25.5	88.3	27	78	28.6	74.4	28.8	71.7
09/10/2016	07:00 a. m.	26.3	86.6	27	79.4	28.5	75.7	28.8	72.4
09/10/2016	08:00 a. m.	27.8	81.6	27.7	78.7	28.5	76.7	28.9	73.4
09/10/2016	09:00 a. m.	30.2	71.1	28.5	77.6	28.7	77.6	28.8	74.1
09/10/2016	10:00 a. m.	32.3	59.6	29.4	73	29.1	75.4	29	73.8
09/10/2016	11:00 a. m.	35.3	51.1	30.4	67.3	29.4	71.7	29.1	71.2
09/10/2016	12:00 p. m.	35.1	48.8	30.5	68.5	29.7	72.1	29.2	71.7
09/10/2016	01:00 p. m.	36.9	46.3	31.8	64	30.3	70.1	29.4	70.7
09/10/2016	02:00 p. m.	37.5	39.5	32.3	56.8	30.6	63.8	29.5	66.9
09/10/2016	03:00 p. m.	38.2	36.7	32.5	54.3	30.8	60.8	29.6	63.6
09/10/2016	04:00 p. m.	37.2	45.4	32.4	58.1	30.9	63.6	29.8	64.9
09/10/2016	05:00 p. m.	35.4	47.3	31.9	58.5	30.9	63	29.7	65.1
09/10/2016	06:00 p. m.	33.5	50.5	31.3	59.1	30.8	62.6	29.7	64.3
09/10/2016	07:00 p. m.	32.2	52.1	30.7	59.5	30.7	61.5	29.7	62.8
09/10/2016	08:00 p. m.	31	63	30.4	65.2	30.7	66.4	29.8	67
09/10/2016	09:00 p. m.	30.7	63.2	30.2	65.7	30.6	66.7	29.9	68.7
09/10/2016	10:00 p. m.	30.2	66	29.9	67.3	30.5	67.4	29.9	66.7
09/10/2016	11:00 p. m.	28.4	72.9	29.4	68.8	30.4	67.8	29.9	67.3

**Tabla 45.** Valores de temperatura y HR del día 9 de octubre de 2016

Fuente: propia

Las siguientes gráficas nos muestran el comportamiento gráfico de manera lineal de los valores registrados en la tabla anterior: primero, horizontalmente, y en la parte superior, se muestran dos gráficas: la gráfica del comportamiento térmico del DCT y la del comportamiento térmico del día aquí analizado para ser comparadas entre sí, dándonos una referencia visual de los impactos obtenidos en la cuestión térmica mediante la estrategia aplicada este día; después, también horizontalmente, pero en la parte inferior, se muestran las gráficas de los porcentajes de HR tanto del DCT

como del día analizado en esta sección para ser también una comparativa visual entre ambos.



**Gráfica 45.** Análisis comparativos de temperatura y de humedad entre DCT y Día 3 de Fase D.

Fuente: propia

## Análisis:

Los dos riegos realizados este día, uno para raíces y el otro para follaje, más **la utilización del sistema de humidificación no tienen impacto en los niveles de porcentaje de HR**, esto debido a que el clima en la ciudad en esta etapa del año es húmedo, y colocar más humedad en el ambiente es poco significativo. **El sistema de humidificación debe ser utilizado en la etapa cálida seca del año.**

## Resultados:

Las tablas que se mostrarán a continuación son comparativas y muestran el impacto máximo registrado (favorable o desfavorable, dependiendo sea el caso) que sucede en la hora pico del día que se estudia respecto al exterior de la vivienda. Es importante mencionar que la comparativa se muestra con signos negativo (-) y positivo (+) dependiendo de si la temperatura o el porcentaje de HR están por encima (usando el positivo) o por debajo (usando el negativo) del nivel con el que están siendo comparados.

En la primera tabla se muestra la referencia del estado original de la vivienda mediante la tabla que describe el DCT enfocada a la hora pico del día que se analiza en esta sección, describiendo de esta manera la temperatura respecto al exterior de cada una de las zonas del proyecto y la diferencia en porcentaje de HR que cada una de estas zonas tiene con respecto al porcentaje exterior en el DCT. La primera tabla comparativa mostrando la referencia que da el DCT se muestra a continuación:

#### Referencia del DCT en la hora pico del día analizado:

Zonas del proyecto	Temperatura respecto al exterior (°C)	Humedad Relativa respecto al exterior (%)
Zona A	-0.7°C (3:00 p.m.)	+1.7% (3:00 p.m.)
Zona B	-5.1°C (3:00 p.m.)	+15.6% (3:00 p.m.)
Zona C	-2.6°C (3:00 p.m.)	+5.5% (3:00 p.m.)

**Tabla 46.** Comparativa no. 1 del día 3 de Fase D. Fuente: propia

En la segunda tabla, se muestra el impacto de cada una de las zonas del proyecto con respecto al estado de cada una de las zonas del DCT en la misma hora pico del día que se está analizando, y la diferencia del porcentaje de HR se muestra con respecto a la línea graficada de HR exterior que nos proporciona la estación meteorológica en este mismo día analizado. La segunda tabla se muestra a continuación:

#### FASE D – Día 3 (9 de octubre de 2016)

Zonas del proyecto	Temperatura respecto al exterior (°C)	Impacto positivo respecto a DCT	Impacto negativo respecto a DCT	Humedad Relativa respecto al exterior (%)
Zona A	-5.7°C (3:00 p.m.)	-5.0°C	x	+17.6% (3:00 p.m.)
Zona B	-7.4°C (3:00 p.m.)	-2.3°C	x	+24.1%(3:00 p.m.)
Zona C	-8.6°C (3:00 p.m.)	-6.0°C	x	+26.9%(3:00 p.m.)

**Tabla 47.** Comparativa no. 2 del día 3 de Fase D. Fuente: propia

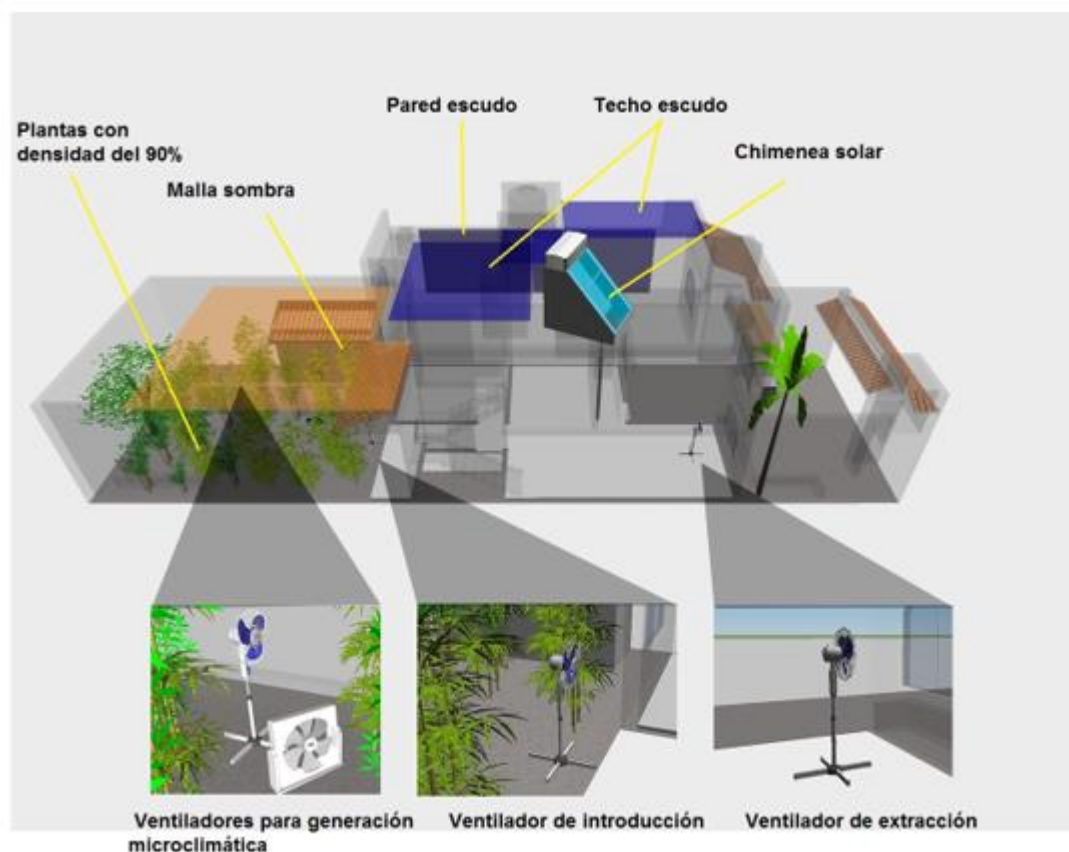
Finalmente, es importante mencionar que la comparativa se muestra con signos negativo (-) y positivo (+) dependiendo de si la temperatura o el porcentaje de HR están por encima (usando el positivo) o por debajo (usando el negativo) del nivel con el que están siendo comparados además de los colores distintivos ya mencionados.

La tabla anterior muestra los resultados obtenidos a la hora pico del día analizado, en este caso a las 3:00 p.m. Dichos resultados son en comparación con los que se obtienen de la estación meteorológica automatizada ubicada en la Estación Climatológica de la U.A.S. que se encuentra a menos de un kilómetro de distancia con el proyecto.



## Fase D – Día 4 (10 de octubre de 2016)

La siguiente imagen muestra las estrategias implementadas en este día de experimentación:



**Imagen F14.** Fase D, Día 4 (10 de octubre de 2016)

Fuente: propia

El siguiente recuadro muestra los sucesos que acontecieron en este día de experimentación, cada suceso puede ser un factor determinante en el comportamiento higrotérmico que se analiza más adelante.

### **Sucesos:**

**12:00 a.m.**

4 ventiladores encendidos

**10:30 a.m.**

Se apagan los ventiladores de propulsión de ventilación hacia el interior y extractor a la casa.

**2:00 p.m.**

Se registran fuertes vientos.

**6:00 p.m.**

Se ha sentido *confort térmico* todo lo que va del día.

**7:45 p.m.**

Se encienden los dos ventiladores, de acceso y extractor.

Los valores registrados en este día tanto de temperatura como de HR en cada una de las zonas y en la estación meteorológica automatizada son mostradas en la siguiente tabla:

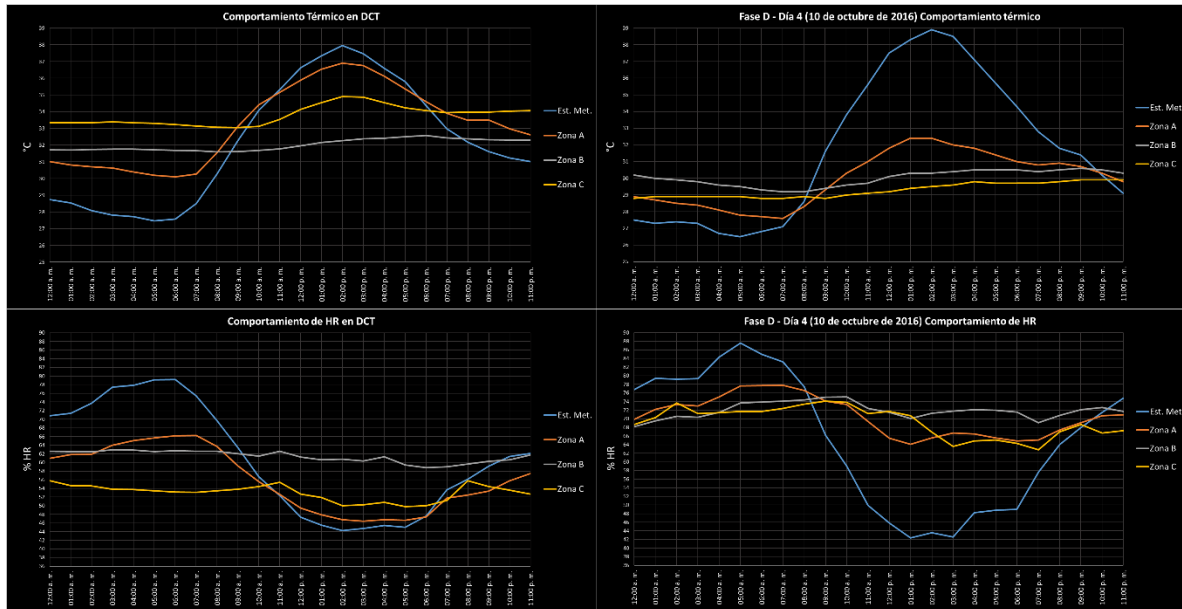
Fecha	Hora	Est. Met.		Zona A		Zona B		Zona C	
		Est. Met. Temp	Est. Met. HR	Z.A. Temp	Z.A. HR	Z.B. Temp	Z.B. HR	Z.C. Temp	Z.C. HR
10/10/2016	12:00 a. m.	27.5	76.8	28.9	69.9	30.2	68.2	28.8	68.7
10/10/2016	01:00 a. m.	27.3	79.4	28.7	72.2	30	69.5	28.9	70.3
10/10/2016	02:00 a. m.	27.4	79.2	28.5	73.3	29.9	70.6	28.9	73.7
10/10/2016	03:00 a. m.	27.3	79.3	28.4	73	29.8	70.4	28.9	71.2
10/10/2016	04:00 a. m.	26.7	84.3	28.1	75.1	29.6	71.5	28.9	71.4
10/10/2016	05:00 a. m.	26.5	87.6	27.8	77.6	29.5	73.7	28.9	71.7
10/10/2016	06:00 a. m.	26.8	85	27.7	77.7	29.3	73.9	28.8	71.7
10/10/2016	07:00 a. m.	27.1	83.2	27.6	77.8	29.2	74.1	28.8	72.4
10/10/2016	08:00 a. m.	28.6	77.4	28.3	76.6	29.2	74.4	28.9	73.4
10/10/2016	09:00 a. m.	31.6	66.2	29.3	74.1	29.4	75	28.8	74.1
10/10/2016	10:00 a. m.	33.8	59	30.3	73.3	29.6	75.1	29	73.8
10/10/2016	11:00 a. m.	35.6	49.9	31	69.4	29.7	72.4	29.1	71.2
10/10/2016	12:00 p. m.	37.5	45.8	31.8	65.5	30.1	71.5	29.2	71.7
10/10/2016	01:00 p. m.	38.3	42.4	32.4	64.1	30.3	70.1	29.4	70.7
10/10/2016	02:00 p. m.	38.9	43.6	32.4	65.6	30.3	71.3	29.5	66.9
10/10/2016	03:00 p. m.	38.5	42.6	32	66.7	30.4	71.8	29.6	63.6
10/10/2016	04:00 p. m.	37.1	48.2	31.8	66.5	30.5	72.1	29.8	64.9
10/10/2016	05:00 p. m.	35.7	48.8	31.4	65.6	30.5	72	29.7	65.1
10/10/2016	06:00 p. m.	34.3	49	31	64.9	30.5	71.6	29.7	64.3
10/10/2016	07:00 p. m.	32.8	57.6	30.8	65.1	30.4	69.1	29.7	62.8
10/10/2016	08:00 p. m.	31.8	64	30.9	67.4	30.5	70.8	29.8	67
10/10/2016	09:00 p. m.	31.4	68	30.7	69.1	30.6	72.1	29.9	68.7
10/10/2016	10:00 p. m.	30.2	71.5	30.3	70.7	30.5	72.6	29.9	66.7
10/10/2016	11:00 p. m.	29.1	74.8	29.8	70.9	30.3	71.7	29.9	67.3

**Tabla 48.** Valores de temperatura y HR del día 10 de octubre de 2016

Fuente: propia

Las siguientes gráficas nos muestran el comportamiento gráfico de manera lineal de los valores registrados en la tabla anterior: primero, horizontalmente, y en la parte superior, se muestran dos gráficas: la gráfica del comportamiento térmico del DCT y la del comportamiento térmico del día aquí analizado para ser comparadas entre sí, dándonos una referencia visual de los impactos obtenidos en la cuestión térmica

mediante la estrategia aplicada este día; después, también horizontalmente, pero en la parte inferior, se muestran las gráficas de los porcentajes de HR tanto del DCT como del día analizado en esta sección para ser también una comparativa visual entre ambos.



**Gráfica 46.** Análisis comparativos de temperatura y de humedad entre DCT y Día 4 de Fase D

Fuente: propia

### Análisis:

La estrategia implementada el día de hoy se refiere a utilizar el enfriamiento de las plantas en dos lapsos: el primero, que va de media noche hasta las 10:30 a.m.; y el segundo, que va desde las 7:45 p.m. en adelante. Con esto se intenta evitar totalmente la influencia del calor en hora pico exterior, pues aunque las plantas evapotranspiran lo suficiente, una vez que la casa está bioclimatizada en el primer lapso, la bioclimatización no es necesaria durante la ola cálida térmica proveniente del exterior, pues esta bioclimatización sigue vigente durante el lapso de descanso de ventiladores interiores y aunque la actividad de los huéspedes influye gradualmente a lo largo del día, la chimenea solar se encarga de la disipación del calor acumulado. Así, justo cuando la Zona B se percibe similar a la Zona A (cuando la ola de calor exterior ya va en descenso), se encienden de nuevo los ventiladores para provocar la ventilación cruzada artificialmente en la casa y volver a favorecer el intercambio térmico/húmedo entre la Zona A y las Zonas B y C.

**Esta estrategia resulta significativa en la bioclimatización de la casa**, la diferencia entre este día y el día 2 de la fase D (8 de octubre) es que la Zona D tiene un movimiento más estable a lo largo del día, pues, aunque los valores son ligeramente mejores en la hora pico en el día 2 de Fase D, en este día (día 4 de Fase D) **la línea de temperatura de la Zona B se mantiene baja y muy estable a lo largo del día**, por lo que aunque ambas estrategias son muy significativas en el proyecto, se recomienda más esta última, **pues utiliza menos electricidad al mantener los ventiladores que actúan en la ventilación cruzada apagados durante casi 9 horas.**

#### Resultados:

Las tablas que se mostrarán a continuación son comparativas y muestran el impacto máximo registrado (favorable o desfavorable, dependiendo sea el caso) que sucede en la hora pico del día que se estudia respecto al exterior de la vivienda. Es importante mencionar que la comparativa se muestra con signos negativo (-) y positivo (+) dependiendo de si la temperatura o el porcentaje de HR están por encima (usando el positivo) o por debajo (usando el negativo) del nivel con el que están siendo comparados.

En la primera tabla se muestra la referencia del estado original de la vivienda mediante la tabla que describe el DCT enfocada a la hora pico del día que se analiza en esta sección, describiendo de esta manera la temperatura respecto al exterior de cada una de las zonas del proyecto y la diferencia en porcentaje de HR que cada una de estas zonas tiene con respecto al porcentaje exterior en el DCT. La primera tabla comparativa mostrando la referencia que da el DCT se muestra a continuación:

### Referencia del DCT en la hora pico del día analizado:

Zonas del proyecto	Temperatura respecto al exterior (°C)	Humedad Relativa respecto al exterior (%)
Zona A	-1.0 °C en hora pico (2:00 p.m.)	+ 2.5%
Zona B	-5.7°C en hora pico (2:00 p.m.)	+ 16.5%
Zona C	-3.0°C en hora pico (2:00 p.m.)	+ 5.8%

**Tabla 49.** Comparativa no. 1 del día 4 de Fase D. Fuente: propia

En la segunda tabla, se muestra el impacto de cada una de las zonas del proyecto con respecto al estado de cada una de las zonas del DCT en la misma hora pico del día que se está analizando, y la diferencia del porcentaje de HR se muestra con respecto a la línea graficada de HR exterior que nos proporciona la estación meteorológica en este mismo día analizado. La segunda tabla se muestra a continuación:

### Resultados comparativos y de impactos del día 4 de experimentación de Fase D, correspondiente al día 10 de octubre de 2016

Zonas del proyecto	Temperatura respecto al exterior (°C)	Impacto positivo respecto a DCT	Impacto negativo Respecto a DCT	Humedad Relativa respecto al exterior (%)
Zona A	-6.5°C (2:00 p.m.)	-5.5°C	x	+22% (2:00 p.m.)
Zona B	-8.6°C (2:00 p.m.)	-2.9°C	x	+27.7% (2:00 p.m.)
Zona C	-9.4°C (2:00 p.m.)	-6.4°C	x	+23.3% (2:00 p.m.)

**Tabla 50.** Comparativa no. 2 del día 4 de Fase D. Fuente: propia

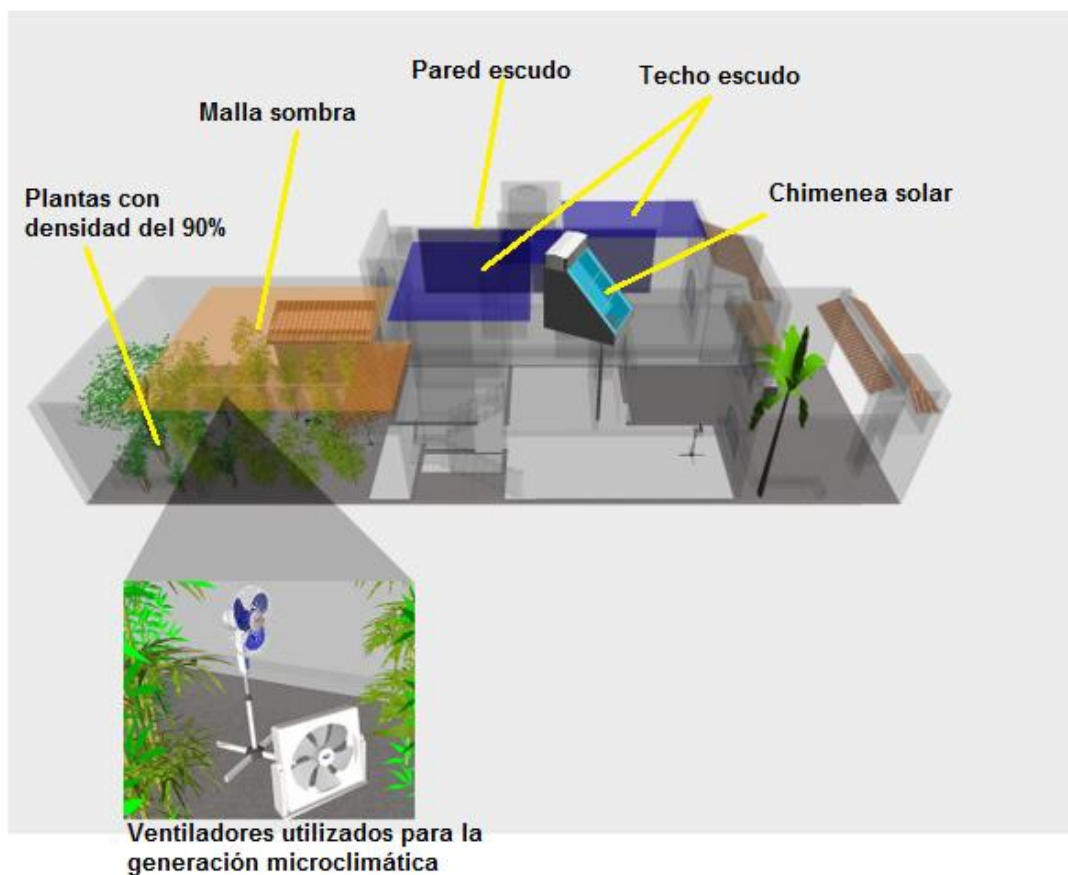
Finalmente, es importante mencionar que la comparativa se muestra con signos negativo (-) y positivo (+) dependiendo de si la temperatura o el porcentaje de HR están por encima (usando el positivo) o por debajo (usando el negativo) del nivel con el que están siendo comparados además de los colores distintivos ya mencionados.

La tabla anterior muestra los resultados obtenidos a la hora pico del día analizado, en este caso a las 2:00 p.m. Dichos resultados son en comparación con los que se obtienen de la estación meteorológica automatizada ubicada en la Estación Climatológica de la U.A.S. que se encuentra a menos de un kilómetro de distancia con el proyecto.



### Fase D – Día 5 (11 de octubre de 2016)

La siguiente imagen muestra las estrategias implementadas en este día de experimentación:



**Imagen F15.** Fase D, Día 5 (11 de octubre de 2016)

Fuente: propia

El siguiente recuadro muestra los sucesos que acontecieron en este día de experimentación, cada suceso puede ser un factor determinante en el comportamiento higrotérmico que se analiza más adelante.

**Sucesos:****12:00 a.m.**

Se apagan dos de los cuatro ventiladores (el de propulsión de aire hacia el interior y el extractor)

Se mantienen encendidos los dos ventiladores para la aireación de las plantas.

**9:00 a.m.**

Se cierra ventana de cocina.

**10:30 a.m.**

Riego general en patio.

Los valores registrados en este día tanto de temperatura como de HR en cada una de las zonas y en la estación meteorológica automatizada son mostradas en la siguiente tabla:

Fecha	Hora	Est. Met.		Zona A		Zona B		Zona C	
		Est. Met. Temp	Est. Met. HR	Z.A. Temp	Z.A. HR	Z.B. Temp	Z.B. HR	Z.C. Temp	Z.C. HR
11/10/2016	12:00 a. m.	28.6	76.5	29.6	72	30.3	71.9	30.3	69.4
11/10/2016	01:00 a. m.	27.9	81.2	29.3	73.4	30.3	72.2	30.2	69.2
11/10/2016	02:00 a. m.	27.9	80.5	29.1	74.1	30.2	72.4	30.2	69.9
11/10/2016	03:00 a. m.	27.7	82.7	28.8	75.6	30.1	73.3	30.1	70.7
11/10/2016	04:00 a. m.	27.4	85.6	28.7	76.9	30.1	74.2	30.1	71.3
11/10/2016	05:00 a. m.	27.2	87.7	28.6	78.7	30	75.4	30	72.4
11/10/2016	06:00 a. m.	26.8	89.7	28.3	79.5	29.9	75.6	30	72.7
11/10/2016	07:00 a. m.	28	84.6	28.3	80	29.9	76	30	72.9
11/10/2016	08:00 a. m.	29.4	81	28.9	79.9	29.9	77	29.9	74
11/10/2016	09:00 a. m.	32.1	70.1	29.6	78.9	30.1	77.1	29.9	75.3
11/10/2016	10:00 a. m.	34.9	57.8	30.1	83	30.2	77.6	30	75.2
11/10/2016	11:00 a. m.	36.3	51.7	30.5	78.3	30.1	74.3	29.9	72.6
11/10/2016	12:00 p. m.	38.2	44.6	31.4	70.8	30.3	73.8	30	73.3
11/10/2016	01:00 p. m.	38.2	43.1	32	66.3	30.4	72.5	30.1	72.5
11/10/2016	02:00 p. m.	39.1	42.4	32	68.7	30.6	73.7	30.2	73
11/10/2016	03:00 p. m.	40.2	38.7	32	68.9	30.6	75.2	30.2	72.8
11/10/2016	04:00 p. m.	38.9	40.3	31.7	66.8	30.7	72.5	30.4	70
11/10/2016	05:00 p. m.	36.7	50.9	31.4	70.4	30.7	74	30.4	71.7
11/10/2016	06:00 p. m.	34.7	53.6	31.1	69.2	30.7	73.7	30.2	72.1
11/10/2016	07:00 p. m.	33.1	60.5	30.7	72	30.8	74.1	30.2	71.9
11/10/2016	08:00 p. m.	32.1	67.6	30.5	74.5	30.8	72.9	30.2	72
11/10/2016	09:00 p. m.	31.5	71.4	30.4	76	30.8	74.5	30.1	72.7
11/10/2016	10:00 p. m.	29.7	76.1	30.1	74.2	30.9	74.7	30.1	74.2
11/10/2016	11:00 p. m.	29.9	76.3	29.9	75.4	30.8	75	30	74.6

**Tabla 51.** Valores de temperatura y HR del día 11 de octubre de 2016

Fuente: propia

Las siguientes gráficas nos muestran el comportamiento gráfico de manera lineal de los valores registrados en la tabla anterior: primero, horizontalmente, y en la parte

superior, se muestran dos gráficas: la gráfica del comportamiento térmico del DCT y la del comportamiento térmico del día aquí analizado para ser comparadas entre sí, dándonos una referencia visual de los impactos obtenidos en la cuestión térmica mediante la estrategia aplicada este día; después, también horizontalmente, pero en la parte inferior, se muestran las gráficas de los porcentajes de HR tanto del DCT como del día analizado en esta sección para ser también una comparativa visual entre ambos.



**Gráfica 47.** Análisis comparativos de temperatura y de humedad entre DCT y Día 5 de Fase D

Fuente: propia

## Resultados:

Las tablas que se mostrarán a continuación son comparativas y muestran el impacto máximo registrado (favorable o desfavorable, dependiendo sea el caso) que sucede en la hora pico del día que se estudia respecto al exterior de la vivienda. Es importante mencionar que la comparativa se muestra con signos negativo (-) y positivo (+) dependiendo de si la temperatura o el porcentaje de HR están por encima (usando el positivo) o por debajo (usando el negativo) del nivel con el que están siendo comparados.

En la primera tabla se muestra la referencia del estado original de la vivienda mediante la tabla que describe el DCT enfocada a la hora pico del día que se analiza

en esta sección, describiendo de esta manera la temperatura respecto al exterior de cada una de las zonas del proyecto y la diferencia en porcentaje de HR que cada una de estas zonas tiene con respecto al porcentaje exterior en el DCT. La primera tabla comparativa mostrando la referencia que da el DCT se muestra a continuación:

#### Referencia del DCT en la hora pico del día analizado:

Zonas del proyecto	Temperatura respecto al exterior (°C)	Humedad Relativa respecto al exterior (%)
Zona A	-0.7°C (3:00 p.m.)	+1.7% (3:00 p.m.)
Zona B	-5.1°C (3:00 p.m.)	+15.6% (3:00 p.m.)
Zona C	-2.6°C (3:00 p.m.)	+5.5% (3:00 p.m.)

**Tabla 52.** Comparativa no. 1 del día 5 de Fase D. Fuente: propia

En la segunda tabla, se muestra el impacto de cada una de las zonas del proyecto con respecto al estado de cada una de las zonas del DCT en la misma hora pico del día que se está analizando, y la diferencia del porcentaje de HR se muestra con respecto a la línea graficada de HR exterior que nos proporciona la estación meteorológica en este mismo día analizado. La segunda tabla se muestra a continuación, se marca en color verde por caracterizar el mejor resultado del proyecto:

#### Resultados comparativos y de impactos del día 5 de experimentación de Fase D, correspondiente al día 11 de octubre de 2016

Zonas del proyecto	Temperatura respecto al exterior (°C)	Impacto positivo respecto a DCT	Impacto negativo respecto a DCT	Humedad Relativa respecto al exterior (%)
Zona A	-8.2°C (3:00 p.m.)	-7.5°C	x	+30.2% (3:00 p.m.)
Zona B	-9.6°C (3:00 p.m.)	-4.5°C	x	+36.5%(3:00 p.m.)
Zona C	-10.0°C (3:00 p.m.)	-7.4°C	x	+33.5%(3:00 p.m.)

**Tabla 53.** Comparativa no. 2 del día 5 de Fase D. Fuente: propia

Finalmente, es importante mencionar que la comparativa se muestra con signos negativo (-) y positivo (+) dependiendo de si la temperatura o el porcentaje de HR

están por encima (usando el positivo) o por debajo (usando el negativo) del nivel con el que están siendo comparados además de los colores distintivos ya mencionados.

La tabla anterior muestra los resultados obtenidos a la hora pico del día analizado, en este caso a las 3:00 p.m. Dichos resultados son en comparación con los que se obtienen de la estación meteorológica automatizada ubicada en la Estación Climatológica de la U.A.S. que se encuentra a menos de un kilómetro de distancia con el proyecto.

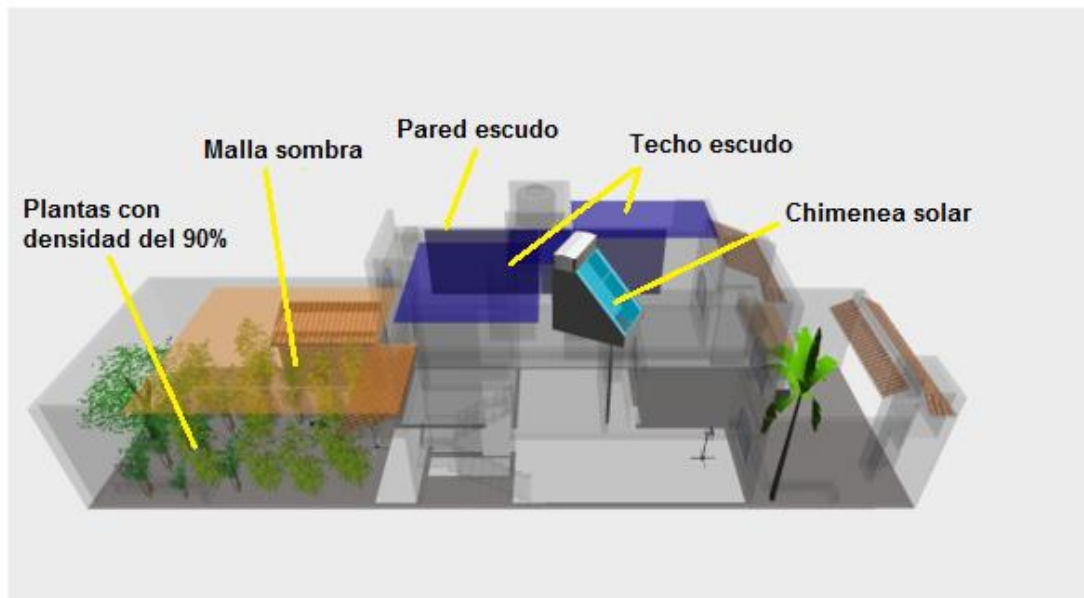
### **Análisis:**

**El experimento muestra su mejor resultado este día**, en el que el pico térmico exterior medido por la estación meteorológica llega a los 40.2°C a las 3:00 p.m., **las zonas interiores de la casa están todas por debajo de los 8°C en comparación con el exterior: la Zona A, se encuentra a 32°C (8.2°C menos que en el exterior de la casa); la Zona B, se encuentra a 30.6°C (9.6°C menos que en el exterior); finalmente, la Zona C se encuentra a 30.2°C (10.0°C menos que en el exterior).**

Tomando en cuenta que la mayor eficiencia que tuvo la Zona A una vez que se le colocó malla sombra ya con su corrección de funcionamiento fue de 3.2°, se deduce que **las plantas exclusivamente mediante su evapotranspiración pudieron reducir 4.3°C.**

## Fase D – Día 6 (12 de octubre de 2016)

La siguiente imagen muestra las estrategias implementadas en este día de experimentación:



**Imagen F16.** Fase D, Día 6 (12 de octubre de 2016). Fuente: propia

El siguiente recuadro muestra los sucesos que acontecieron en este día de experimentación, cada suceso puede ser un factor determinante en el comportamiento higrotérmico que se analiza más adelante.

### **Sucesos:**

#### **1:00 a.m.**

Riego de follaje de plantas, se apaga toda ventilación artificial y se cierran ventanas sur dejando al sistema en un modo totalmente pasivo para estimar su eficiencia.



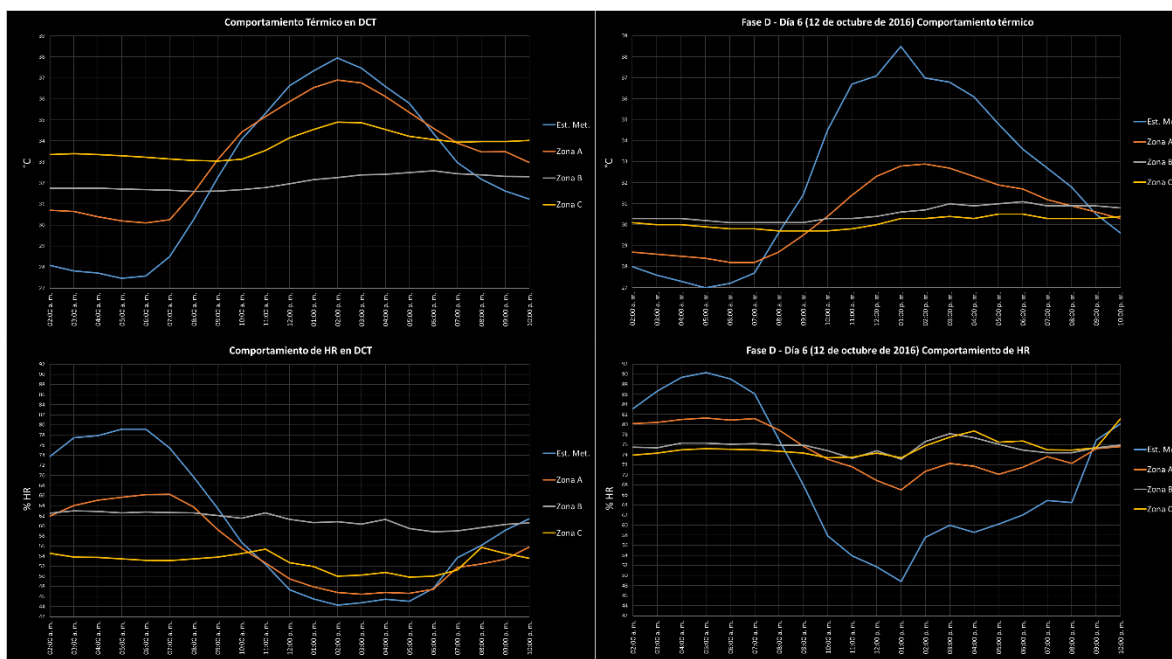
Los valores registrados en este día tanto de temperatura como de HR en cada una de las zonas y en la estación meteorológica automatizada son mostradas en la siguiente tabla:

Fecha	Hora	Est. Met.		Zona A		Zona B		Zona C	
		Est. Met. Temp	Est. Met. HR	Z.A. Temp	Z.A. HR	Z.B. Temp	Z.B. HR	Z.C. Temp	Z.C. HR
12/10/2016	12:00 a. m.	28.7	81.6	29.5	77.3	30.9	75.6	30.1	75.7
12/10/2016	01:00 a. m.	28.3	82.3	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d
12/10/2016	02:00 a. m.	28	83.1	28.7	80.2	30.3	75.5	30.1	73.9
12/10/2016	03:00 a. m.	27.6	86.6	28.6	80.4	30.3	75.4	30	74.3
12/10/2016	04:00 a. m.	27.3	89.4	28.5	81	30.3	76.3	30	75
12/10/2016	05:00 a. m.	27	90.3	28.4	81.3	30.2	76.3	29.9	75.2
12/10/2016	06:00 a. m.	27.2	89.1	28.2	80.9	30.1	76.1	29.8	75.1
12/10/2016	07:00 a. m.	27.7	86.1	28.2	81.2	30.1	76.2	29.8	75
12/10/2016	08:00 a. m.	29.6	76.9	28.7	78.9	30.1	75.9	29.7	74.7
12/10/2016	09:00 a. m.	31.4	67.9	29.5	75.7	30.1	75.9	29.7	74.3
12/10/2016	10:00 a. m.	34.5	57.9	30.4	73.1	30.3	74.8	29.7	73.4
12/10/2016	11:00 a. m.	36.7	53.9	31.4	71.6	30.3	73.3	29.8	73.5
12/10/2016	12:00 p. m.	37.1	51.7	32.3	68.9	30.4	74.8	30	74.3
12/10/2016	01:00 p. m.	38.5	48.8	32.8	67	30.6	73.1	30.3	73.4
12/10/2016	02:00 p. m.	37	57.6	32.9	70.7	30.7	76.6	30.3	75.8
12/10/2016	03:00 p. m.	36.8	60	32.7	72.3	31	78.2	30.4	77.5
12/10/2016	04:00 p. m.	36.1	58.6	32.3	71.7	30.9	77.4	30.3	78.7
12/10/2016	05:00 p. m.	34.8	60.2	31.9	70.1	31	76.1	30.5	76.5
12/10/2016	06:00 p. m.	33.6	62	31.7	71.5	31.1	74.9	30.5	76.7
12/10/2016	07:00 p. m.	32.7	64.9	31.2	73.6	30.9	74.4	30.3	75
12/10/2016	08:00 p. m.	31.8	64.5	30.9	72.3	30.9	74.4	30.3	74.9
12/10/2016	09:00 p. m.	30.5	76.9	30.6	75.2	30.9	75.4	30.3	75.4
12/10/2016	10:00 p. m.	29.6	80.1	30.3	75.6	30.8	75.9	30.4	81.1
12/10/2016	11:00 p. m.	29.6	80.5	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d

**Tabla 54.** Valores de temperatura y HR del día 12 de octubre de 2016

Fuente: propia

Las siguientes gráficas nos muestran el comportamiento gráfico de manera lineal de los valores registrados en la tabla anterior: primero, horizontalmente, y en la parte superior, se muestran dos gráficas: la gráfica del comportamiento térmico del DCT y la del comportamiento térmico del día aquí analizado para ser comparadas entre sí, dándonos una referencia visual de los impactos obtenidos en la cuestión térmica mediante la estrategia aplicada este día; después, también horizontalmente, pero en la parte inferior, se muestran las gráficas de los porcentajes de HR tanto del DCT como del día analizado en esta sección para ser también una comparativa visual entre ambos.



**Gráfica 48.** Análisis comparativos de temperatura y de humedad entre DCT y Día 6 de Fase D

Fuente: propia

## Resultados:

Las tablas que se mostrarán a continuación son comparativas y muestran el impacto máximo registrado (favorable o desfavorable, dependiendo sea el caso) que sucede en la hora pico del día que se estudia respecto al exterior de la vivienda. Es importante mencionar que la comparativa se muestra con signos negativo (-) y positivo (+) dependiendo de si la temperatura o el porcentaje de HR están por encima (usando el positivo) o por debajo (usando el negativo) del nivel con el que están siendo comparados.

En la primera tabla se muestra la referencia del estado original de la vivienda mediante la tabla que describe el DCT enfocada a la hora pico del día que se analiza en esta sección, describiendo de esta manera la temperatura respecto al exterior de cada una de las zonas del proyecto y la diferencia en porcentaje de HR que cada una de estas zonas tiene con respecto al porcentaje exterior en el DCT. La primera tabla comparativa mostrando la referencia que da el DCT se muestra a continuación:

### Referencia del DCT en la hora pico del día analizado:

Zonas del proyecto	Temperatura respecto al exterior (°C)	Humedad Relativa respecto al exterior (%)
Zona A	-0.8°C (1:00 p.m.)	+ 2.4% (1:00 p.m.)
Zona B	-5.2°C (1:00 p.m.)	+ 15.1% (1:00 p.m.)
Zona C	-2.8°C (1:00 p.m.)	+ 6.4% (1:00 p.m.)

**Tabla 55.** Comparativa no. 1 del día 6 de Fase D. Fuente: propia

En la segunda tabla, se muestra el impacto de cada una de las zonas del proyecto con respecto al estado de cada una de las zonas del DCT en la misma hora pico del día que se está analizando, y la diferencia del porcentaje de HR se muestra con respecto a la línea graficada de HR exterior que nos proporciona la estación meteorológica en este mismo día analizado. La segunda tabla se muestra a continuación:

### Resultados comparativos y de impactos del día 6 de experimentación de Fase D, correspondiente al día 12 de octubre de 2016

Zonas del proyecto	Temperatura respecto al exterior (°C)	Impacto positivo respecto a DCT	Impacto negativo respecto a DCT	Humedad Relativa respecto al exterior (%)
Zona A	-5.7°C (1:00 p.m.)	-4.9°C	x	+18.2% (1:00 p.m.)
Zona B	-7.9°C (1:00 p.m.)	-2.7°C	x	+24.3% (1:00 p.m.)
Zona C	-8.2°C (1:00 p.m.)	-5.4°C	x	+24.6% (1:00 p.m.)

**Tabla 56.** Comparativa no. 2 del día 6 de Fase D. Fuente: propia

Finalmente, es importante mencionar que la comparativa se muestra con signos negativo (-) y positivo (+) dependiendo de si la temperatura o el porcentaje de HR

están por encima (usando el positivo) o por debajo (usando el negativo) del nivel con el que están siendo comparados además de los colores distintivos ya mencionados.

La tabla anterior muestra los resultados obtenidos a la hora pico del día analizado, en este caso a las 1:00 p.m. Dichos resultados son en comparación con los que se obtienen de la estación meteorológica automatizada ubicada en la Estación Climatológica de la U.A.S. que se encuentra a menos de un kilómetro de distancia con el proyecto.

### **Análisis:**

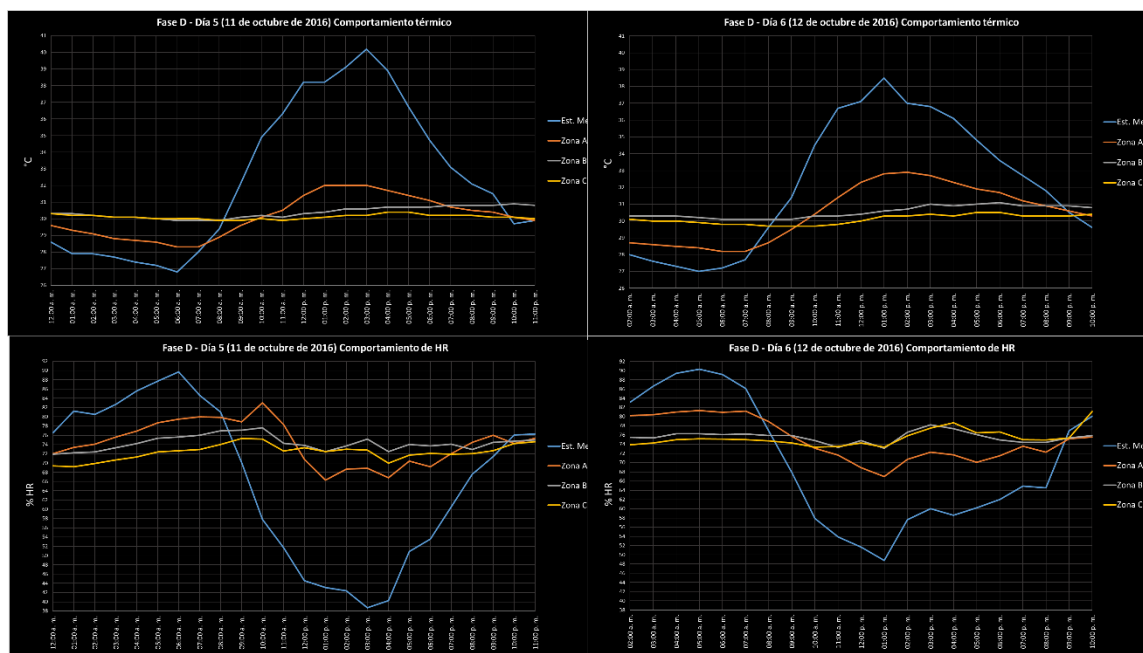
El análisis muestra al sistema de bioclimatización mediante manejo microclimático en su modalidad totalmente pasiva, es decir, sin ningún uso de electricidad, sólo utilizando estrategias pasivas como el uso de la chimenea solar, la generación de sombras, el uso de las plantas en su reducción térmica mediante evapotranspiración y nos muestra cómo en la hora pico analizada aquí (1:00 p.m.) en todas las zonas se tiene un beneficio higrotérmico: en la Zona A, se logra una disminución térmica de 4.9°C; en la Zona B, la disminución es de 2.7°C; finalmente, en la Zona C se logra una disminución de 5.4°C.

## 4.9 Resultados de experimento

### Análisis comparativos de temperatura y Humedad Relativa

Los días con mayor importancia realizados en este trabajo fueron los días 5 y 6 de la Fase D, respectivamente. Esto se debe a que el Día 5 presentó los mejores resultados con respecto al mayor amortiguamiento térmico hacia las condiciones exteriores de la vivienda y el Día 6 tuvo algunos de los mejores resultados, sin embargo, éste tuvo una aplicación totalmente pasiva, lo que quiere decir que no consumió electricidad y eso le suma importancia. En ellos se aplicaron las mismas estrategias de arquitectura pasiva (naturación del 90% de densidad en Zona A, malla sombra, techo escudo, pared escudo y chimenea solar), lo que los diferenció fue la modalidad mixta (activa + pasiva) en el Día 5 y pasiva en el Día 6.

En la siguiente gráfica se comparan los días 5 y 6 entre sí en temperatura y HR.



**Gráfica 49.** Análisis comparativos de temperatura y de humedad entre el Día 5 y Día 6 de Fase D.

Fuente: propia

### **Análisis comparativo entre días de mayor eficiencia.**

**El día 5 de la Fase D** mostró el mejor resultado del proyecto, en el que el pico térmico exterior medido por la estación meteorológica llegó hasta los 40.2°C a las 3:00 p.m., y el Sistema Experimental de Acondicionamiento Térmico Mediante Manejo Microclimático mantuvo todas las zonas interiores de la casa por debajo de los 8°C en comparación con el exterior, con los siguientes resultados:

- **Condiciones exteriores:**

- Temperatura máxima: 40.2°C
- Humedad Relativa mínima: 38.7%HR

- **Zona A**

Tuvo un impacto favorable de -7.5°C gracias al sistema, la temperatura medida en bulbo seco marcó **-8.2 °C con respecto al exterior.** El porcentaje de HR mínimo en ese momento fue de +30.2% mayor que en el exterior, sumando un total de 68.9%HR.

- **Zona B**

Esta zona tuvo un impacto favorable de -4.5 °C gracias al sistema, la temperatura medida en bulbo seco marcó **-9.6°C con respecto al exterior.** El porcentaje de HR mínimo en ese momento fue de +36.5% mayor que en el exterior, sumando un total de 75.2%HR.

- **Zona C**

Esta zona tuvo un impacto favorable de -7.4°C gracias al sistema, la temperatura medida en bulbo seco marcó **-10.0°C con respecto al exterior.** El porcentaje de HR mínimo en ese momento fue de +33.5% mayor que en el exterior, sumando un total de 72.8%HR.

**El día 6 de la Fase D** mostró el segundo mejor resultado, convenientemente fue el día en el que todas las estrategias estuvieron implementadas y se manejó de



una manera totalmente pasiva, es decir, sin ningún sistema de ventilación eléctrico. Este, en la hora pico del día (en este caso, la hora pico fue a la 1:00 p.m.) se lograron los siguientes resultados:

**Condiciones exteriores:**

- Temperatura máxima: 38.5°C
- Humedad Relativa mínima: 48.8%HR

- **Zona A**

Esta zona tuvo un impacto favorable de -4.9°C gracias al sistema, la temperatura medida en bulbo seco marcó **-5.7 °C con respecto al exterior.** El porcentaje de HR mínimo en ese momento fue de +18.2% mayor que en el exterior, sumando un total de 67.0%HR.

- **Zona B**

Esta zona tuvo un impacto favorable de -2.7°C gracias al sistema, la temperatura medida en bulbo seco marcó **-7.9 °C con respecto al exterior.** El porcentaje de HR mínimo en ese momento fue de +24.3% mayor que en el exterior, sumando un total de 73.1%HR.

- **Zona C**

Esta zona tuvo un impacto favorable de -5.4°C gracias al sistema, la temperatura medida en bulbo seco marcó **-8.2 °C con respecto al exterior.** El porcentaje de HR en ese momento fue de +24.6% mayor que en el exterior, sumando un total de 73.4%HR.

La siguiente tabla muestra los mejores resultados alcanzados por el Sistema Experimental de Acondicionamiento Térmico Mediante Manejo Microclimático distinguiendo en azul marino los del sistema híbrido y en azul cian a los del sistema pasivo:

<p><b>Diferencia térmica máxima alcanzada por el Sistema Experimental de Acondicionamiento Térmico Mediante Manejo Microclimático en Zona A:</b></p> <p>1- Día 5, Fase D: -8.2°C (Sistema híbrido: pasivo + activo)</p> <p>2- Día 1 y 2, Fase D: -6.7°C (Sistema activo: 4 ventiladores en función)</p> <p>3- Día 4, Fase D: -6.5°C (Sistema activo con intervalo de descanso)</p> <p>4- Día 6, Fase D: -5.7°C (Sistema pasivo)</p> <p>5- Día 3, Fase D: -5.7°C (Sistema activo + humidificación)</p>
<p><b>Diferencia térmica máxima alcanzada por Sistema Experimental de Acondicionamiento Térmico Mediante Manejo Microclimático en Zona B:</b></p> <p>1- Día 5, Fase D: -9.6°C (Sistema híbrido: pasivo + activo)</p> <p>2- Día 4, Fase D: -8.6°C (Sistema activo con intervalo de descanso)</p> <p>3- Día 2, Fase D: -8.1°C (Sistema activo: 4 ventiladores en función)</p> <p>4- Día 6, Fase D: -7.9°C (Sistema pasivo)</p> <p>5- Día 3, Fase D: -7.4°C (Sistema activo + humidificación)</p>
<p><b>Diferencia térmica máxima alcanzada por el Sistema Experimental de Acondicionamiento Térmico Mediante Manejo Microclimático en Zona C:</b></p> <p>1- Día 5, Fase D: -10.0°C (Sistema híbrido: pasivo + activo)</p> <p>2- Día 2, Fase D: -9.7°C (Sistema activo: 4 ventiladores en función)</p> <p>3- Día 4, Fase D: -9.4°C (Sistema activo con intervalo de descanso)</p> <p>4- Día 1, Fase D: -8.8°C (Sistema activo: 4 ventiladores en función)</p> <p>5- Día 3, Fase D: -8.6°C (Sistema activo + humidificación)</p> <p>6- Día 6, Fase D: -8.2°C (Sistema pasivo)</p>

**Tabla 57.** Resultados térmicos del Sistema Experimental de Acondicionamiento Térmico Mediante Manejo Microclimático.

Fuente: propia

#### 4.10 Costo del proyecto

A continuación, se muestran una serie de tablas que exponen el costo de cada etapa realizada para lograr la implementación del Sistema Experimental de Acondicionamiento Térmico Mediante Manejo Microclimático:

<b>MATERIALES CONSTRUCTIVOS</b>		
<b>Concepto: (Incluye suministro)</b>	<b>Precio unitario (Peso Mexicano)</b>	<b>Subtotal</b>
6 hojas de durock	287.00	1,722.00
2 hojas estándar de tablarroca	87.00	174.00
9 canales 6.35 calibre 26 - 9.20 calibre 20 9 canales 4.10)	12.50	225.00
8 postes 6.35 calibre 20	90.25	522.00
9 canales 4,10 x 3 calibre 26 8 postes 4.10x3 cal. 26 2 postes 6.35 cal. 26		745.00
2 sacos de basecoat	254.00	508.00
50 taquetes expansivos de 3/8" 50 pijas de 1/4" con cabeza hexagonal de 2" 50 huasas planas		125.00
1 caja de redimix	100.00	100.00
50 pijas de tablarroca	7.00	7.00
200 tornillos negros para tablarroca	18.00	18.00
Perfacinta	28.00	28.00
Cinta malla	99.00	99.00
1 saco de yeso	74.00	74.00
2 armex castillo	143.00	286.00
6 kg alambre recocado	47.60	138.00
1/2 metro de grava	390.00	195.00
1/2 metro de arena	390.00	195.00
3 sacos de cemento	167.00	501.00
2 sacos de mortero	125.00	250.00
2 kg de clavos de 2 1/2"	22.00	44.00
2 kg de clavos de 4 1/2"	22.00	44.00
1 cartucho de anchor fix 2 Marca Sika	476.27	476.27
1 galón de impermeabilizante termotek 5 años	140.00	140.00
5 m² de malla reforzada para impermeabilizar	15.00	75.00
Cepillo o brocha	45.00	45.00

1 cartucho de Sikaflex (1A) para sellado de juntas	127.00	127.00
2 litros de pintura negro mate	32.50	65.00
2 litros de pintura blanca	30.00	60.00
1 litro de sellador vinílico	30.00	30.00
2 lijas de 220	7.00	14.00
1 rodillo completo	45.00	45.00
1 felpa extra	22.00	22.00
Lámina galvanizada	250.00	250.00
3 Hojas de poliestireno de 2" de alta densidad	300.00	900.00
<b>Total:</b>		<b>\$8,249.27</b>

**Tabla 58.** Materiales constructivos utilizados en el proyecto. Fuente: propia

MANO DE OBRA		
Concepto	Especificación	Precio subtotal
Malla sombra retráctil (6.60 x 6.40 m) fabricación e instalación	177.5 por m <sup>2</sup>	7,500.00
Aluminio y cristal para chimenea, fabricación e instalación	n/d	3,750.00
Trabajos de albañilería	n/d	3,202.00
Trabajos de tablarroca y durock	n/d	3,500.00
Módulo de ventilación a base de hierro y lámina galvanizada, fabricación e instalación	n/d	2,280.00
Supervisión de obra	n/d	1,400.00
Instalación de lámina receptora en chimenea	n/d	350.00
techo escudo (malla sombra, fabricación e instalación)	32 pesos por m <sup>2</sup> más \$1,000 de instalación	3,080.00
pared escudo (malla sombra, fabricación e instalación)	32 pesos por m <sup>2</sup> más \$1,000 de instalación	1,785.00
<b>Total:</b>		<b>\$26,847.00</b>

**Tabla 59.** Mano de obra contratada para el proyecto. Fuente: propia

PLANTAS			
Concepto: (No incluye suministro)	Número de unidades	Precio Unitario (peso mexicano)	Subtotal
Apomo ( <i>Brosimum alicastrum</i> )	6	130.00	780.00
Clavellina ( <i>Pseudobombax ellipticum</i> )	11	150.00	1,650.00

Wedelia ( <i>Wedelia trilobata</i> )	50	6.00	300.00
Venadillo ( <i>Swietenia humilis</i> )	10	100.00	1,000.00
Tabachin ( <i>Delonix regia</i> )	10	200.00	2,000.00
Espárrago ( <i>Spring meyeri</i> )	25	35.00	875.00
Teléfono ( <i>Epipremnum aureum</i> )	20	50.00	1,000.00
Jacaloxochitl ( <i>Plumeria rubra</i> )	10	200.00	2,000.00
Amapa rosa ( <i>Handroanthus impetiginosus</i> )	17	150.00	2,550.00
Areca ( <i>Dypsis lutescens</i> )	18	90.00	1,620.00
Guamúchil ( <i>Phitecellobium dulce</i> )	11	100.00	1,100.00
Palma kerpis ( <i>Adonidia merrillii</i> )	12	800.00	9,600.00
Croto petra ( <i>Codiaeum variegatum</i> )	25	45.00	1,125.00
Croto tirabuzon ( <i>Codiaeum variegatum</i> )	25	50.00	1,250.00
Guanacastle ( <i>Enterolobium cyclocarpum</i> )	2	150.00	300.00
Piñanona ( <i>Monstera deliciosa</i> )	8	60.00	480.00
Helecho Boston ( <i>Nephrolepis exaltata</i> )	5	60.00	300.00
Mezquite ( <i>Prosopis chilensis</i> )	1	250.00	250.00
Sin vergüenza ( <i>Tradescantia zebrina</i> )	25	25.00	625.00
Mafafa ( <i>Xanthosoma robustum</i> )	15	80.00	1,200.00
<b>Total:</b>			<b>\$30,005.00</b>

**Tabla 60.** Plantas utilizadas en el proyecto. Fuente: propia

DISPOSITIVOS ELÉCTRICOS	Número de unidades	Precio unitario	Subtotal
Ventilador Taurus Ponent 16C Elegance	4	960.00	3,840.00
<b>Total:</b>			<b>\$3,840.00</b>

**Tabla 61.** Dispositivos eléctricos de ventilación utilizados en el proyecto. Fuente: propia

COSTO TOTAL	
Concepto	Subtotal
Materiales constructivos	8,249.27
Mano de obra	26,847.00
Plantas	30,005.00
Dispositivos eléctricos	3,840.00
<b>Total:</b>	<b>\$68,941.27</b>

**Tabla 62.** Costo total proyecto. Fuente: propia

## 4.11 Consumos, emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente (CO<sub>2</sub>e) y comparaciones

### 4.11.1 Consumo eléctrico de ventilación artificial en su uso máximo (cuatro ventiladores encendidos las 24 horas del día).

En el proyecto se utilizaron cuatro ventiladores de pedestal marca “Taurus”, modelo “Ponent 16C Elegance”, que consumen cada uno 34.5 Watts por hora de uso, según consta en la tabla que publica el fabricante (abajo).

- La siguiente información detalla las características sobre diseño ecológico aplicables a este aparato/s:

PONENT 16 ELEGANCE (VER VI)		
Caudal máximo del ventilador (F)	50,3	m³ /min
Potencia utilizada por el ventilador (P)	34,5	W
Valor de servicio (SV) (de acuerdo a IEC 60879)	1,5	(m³/min)/W
Consumo de energía en modo de espera (PSB)	N/A	W
Nivel de potencia acústica del ventilador (LWA)	53	dB(A)
Velocidad máxima del aire ( c )	2,6	m/seg

**Imagen F17.** Características de ventilador “Taurus” modelo “Ponent 16C Elegance”.

Fuente: (Taurus, 2013: 4)

El consumo de este complejo de cuatro ventiladores en diferentes periodos de tiempo aparece en la tabla siguiente:

Periodo de tiempo	Operación matemática	Resultado de consumo en Watts	Resultado de consumo en Kilowatts
Una hora	34.5 X 4	138 W	0.138 kW
Un día (24 horas)	138 X 24	3,312 W	3.312 kW
Un mes (30.417 días) <sup>15</sup>	3,312 X 30.417	100,741 W	100.741 kW

**Tabla 63.** Consumo de ventilador Taurus modelo “Ponent 16C Elegance”. Fuente: propia

<sup>15</sup> La duración del mes promedio se calcula dividiendo los 365 días del año entre los 12 meses del año: 365/12 = 30.41666, redondeado a 30.417.

#### 4.11.2 Consumo eléctrico de ventilación en el día óptimo (Día 5 de Fase D)

Este cálculo se hará sobre dos ventiladores de pedestal marca “Taurus”, modelo “Ponent 16C Elegance”, que consumen cada uno 34.5 Watts por hora de uso.

El consumo de este complejo de dos ventiladores en diferentes periodos de tiempo aparece en la tabla siguiente:

Periodo de tiempo	Operación matemática	Resultado de consumo en Watts	Resultado de consumo en Kilowatts
Una hora	$34.5 \times 2$	69 W	.069 kW
Un día (24 horas)	$69 \times 24$	1,656 W	1.656 kW
Un mes (30.417 días) <sup>16</sup>	$1,656 \times 30.417$	50,370 W	50.370 kW

**Tabla 64.** Consumo de dos ventiladores. Fuente: propia

---

<sup>16</sup> La duración del mes promedio se calcula dividiendo los 365 días del año entre los 12 meses del año:  
 $365/12 = 30.41666$ , redondeado a 30.417.



### 4.11.3 Comparativa con sistema de aire acondicionado

#### Sistema de aire acondicionado minisplit marca “Mirage” modelo “X3”, de 2 toneladas

##### a) Consumo eléctrico

El minisplit marca “Mirage”, modelo X3, Serie EXF261J, tiene una capacidad refrigerante de 2 toneladas, que, convertidas a Watts, equivalen a 2,000, es decir 2 Kilowatts por hora o 2kWh. Así, su consumo durante las 6 horas que se utiliza habitualmente para proporcionar *confort térmico* durante el día equivalen a un consumo de 12 kW por día<sup>17</sup>.

Especificaciones Técnicas				
ESPECIFICACIONES	1 ton – 110V	1 ton – 220V	1.5 tons	2 tons
Voltaje de Operación Ph / V ~ /Hz	115/1/60	230/1/60	230/1/61	230/1/62
Capacidad de Enfriamiento BTU/h	12 000	12 000	18 000	24 000
Consumo Energético A	8.5	4.5	7.7	9.6
Potencia Consumida W	950	1000	1600	2000
Circulación del Aire m3/h	520	520	700	1020
Sonido Operativo Interior dB(A)	28	28	30	39

**Imagen F18.** Especificaciones técnicas de sistemas de aire acondicionado “Mirage”.

Fuente: URL: <http://www.mirage.mx/2503/productos/aires-acondicionados/minisplit/x3/> (Consultado en noviembre de 2016)

El consumo de este aparato en Kilowatts (kW) en diferentes periodos de tiempo aparece en la tabla siguiente:

Periodo de tiempo	Operación matemática	Consumo en Kilowatts
Una hora		2 kW
Un día (trabajando 6 horas)	$2 \times 6 = 12$	12 kW
Un mes (30.417 días* (trabajando 6 horas diarias)	$12 \times 30.417$	365 kW

**Tabla 65.** Consumos de minisplit Mirage X3. Fuente: propia

<sup>17</sup> En consulta a los ingenieros eléctricos Octavio Rodríguez Obeso y Saúl Ochoa Sánchez, ambos profesores del Instituto Tecnológico de Culiacán, el día 16 de noviembre de 2016, ambos afirmaron que en un minisplit el consumo de 2,000 Watts es coherente con la carga de 2 toneladas, por ser este un aparato de alta eficiencia.

## **b) Gases refrigerantes**

El fabricante, Mirage, publica en su sitio web que su refrigerante es el R410a, que es un gas amigable con el ambiente y que no afecta la capa de ozono.

Para obtener más información para este trabajo, se realiza una investigación más a detalle que nos proporciona la siguiente información: el gas refrigerante R410a es un refrigerante clasificado por ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) como A1/A1, es decir, no tóxico y no inflamable aun en caso de fugas (Carrier, 2012). Es una mezcla binaria de compuestos de hidrofluorocarbono o HFC, que contiene 50% de R32 y 50% de R125. No contiene cloro, y su PAO = 0 (Potencial de Agotamiento de Ozono), lo que quiere decir que no afecta a la capa de ozono y que cumple con el Protocolo de Montreal. Sin embargo, según archivos de la UNEP, este gas tiene un Potencial de Calentamiento Global alto, pues su PCG es de 2,088 (Potencial de Calentamiento Global), es decir, 2,088 veces el dióxido de carbono (Yana Motta, n/d) lo que demuestra que no es un gas totalmente amigable con el medio ambiente como lo anuncia la empresa Mirage. También es importante mencionar que actualmente no existen restricciones en el uso de este gas (*The Engineering ToolBox*, n/d).

#### 4.11.4 Emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente (CO<sub>2</sub>e) mensuales por sistema

Líneas atrás, se menciona que el consumo del aparato de refrigeración durante las 6 horas que se utiliza habitualmente cada día es de 12 kW. Se estableció también que el complejo de ventilación por mes consume 1.656 kW en el caso de dos abanicos, y de 3.312 kW en el caso de cuatro. Enseguida calcularemos las emisiones de CO<sub>2</sub> producto de estos consumos en los distintos sistemas durante diferentes periodos de tiempo. Nos apoyaremos para esto en lo que expone la SEMARNAT (2016: 1) en su factor de emisión para el cálculo de emisiones indirectas por consumo de electricidad para el periodo 2015, en él cada megawatt (1,000 Kilowatts, 1,000,000 Watts) de electricidad está directamente relacionada con la emisión de 0.458 toneladas de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. Convirtiendo esta relación para facilitar nuestros cálculos podemos decir que cada kW de consumo eléctrico genera 0.548 kilogramos (548 gramos) de CO<sub>2</sub>.

Sistema	Consumo eléctrico al día en KW/Emisión de CO <sub>2</sub> resultante en Kilogramos	Consumo eléctrico al mes en KW/Emisión de CO <sub>2</sub> resultante en Kilogramos	Consumo eléctrico al año en KW/Emisión de CO <sub>2</sub> resultante en Kilogramos
4 ventiladores utilizados 24 horas al día.	0.138 kW / 0.076 Kg	3.312 kW / 1.52 Kg	100.741 kW / 55.21 Kg
<b>Híbrido</b> (Fase D, día 5) 2 ventiladores de 24 horas de uso al día	0.069 kW / 0.038 Kg	1.656 kW / 0.907 Kg	50.370 kW / 27.60 Kg
<b>Pasivo</b> (Fase D, día 6) sin ventiladores solo chimenea solar)	0 kW / 0 Kg	0 kW / 0 Kg	0 kW / 0 Kg
<b>Eléctrico.</b> Solo aire acondicionado durante 6 horas al día (utilizado sólo de mayo a octubre por subsidio gubernamental)	12 kW / 6.58 Kg	365 kW / 202.02 Kg	2,400.27 kW / 1,315.35 Kg

**Tabla 66.** Emisiones de CO<sub>2</sub> equivalentes mensuales por sistema. Fuente propia

#### 4.11.5 Consumo hídrico mensual de plantas

El consumo hídrico de las plantas utilizadas en el experimento de este proyecto fue proporcionado por los biólogos del Jardín Botánico de Culiacán, y se expone a continuación:

Planta (nombre común)	Número de unidades	Consumo hídrico semanal por planta (l)	Consumo hídrico semanal total (l)
Apomo	6	12	72
Clavellina	11	8	88
Wedelia	50	2	100
Venadillo	10	8	80
Tabachin	10	8	80
Espárrago	25	3	75
Teléfono	20	3	60
Jacaloxochitl	10	8	80
Amapa rosa	17	8	136
Areca	18	8	144
Guamúchil	11	8	88
Palma kerpis	12	16	192
Croto petra	25	4.5	112.5
Croto tirabuzon	25	4.5	112.5
Guanacastle	2	8	16
Piñanona	8	4	32
Helecho boston	5	5	25
Mezquite	1	8	8
Sin vergüenza	25	3	75
Mafafa	15	12	180
<b>Total (en litros):</b>			<b>1756</b>

Notas por parte de los biólogos:

\*ESTA ESTIMACION ES CONFORME LA BOLSA QUE TENIAN LAS PLANTAS Y LAS CONDICIONES EN QUE ESTABAN (SUSTRATO, TEMPERATURA, MALLA SOMBRA, ETC.)

\*EN ESTA ESTIMACION PUEDE HABER ERROR AL CÁLCULO DE CONSUMO DE AGUA.

**Tabla 67.** Consumo hídrico mensual del proyecto. Fuente: propia

**El consumo hídrico mensual es de: 7,630 l = 7.63 m<sup>3</sup>**

#### **4.12 Factibilidad y validación**

Con el propósito de realizar una evaluación desde el enfoque sustentable hacia las tecnologías expuestas en este trabajo (Fases dentro del Sistema Experimental de Acondicionamiento Térmico Mediante Manejo Microclimático) siendo comparadas con las tecnologías convencionales (sistemas convencionales de acondicionamiento de aire utilizados para enfriar la misma área utilizada en este proyecto) dentro de las dimensiones principales de la sustentabilidad: social, económica y ambiental, se utilizará la metodología que se encuentra en desarrollo por el profesor Francisco Álvarez Partida en su tesis doctoral llamada “Selección de Tecnología Sustentable” (STS), en sus palabras la define de la siguiente manera:

##### **Metodología para la Selección de Tecnología Sustentable (STS)**

Es una metodología basada en varias metodologías entre ellas la Evaluación de sustentabilidad de las tecnologías, la metodología para la evaluación de sustentabilidad de materiales de la Universidad Politécnica de Valencia, la metodología para evaluar la sustentabilidad de los sistemas constructivos de construcción de viviendas asequibles.

La STS es una metodología participativa para empoderar a los usuarios interesados a seleccionar entre las opciones y con la información disponible, la tecnología más adecuada en términos de sustentabilidad.

Considera la sustentabilidad como el balance entre los requerimientos de las dimensiones ambientales, sociales y económicos, por lo que se les da el mismo peso a cada una. Este balance es además sistémico, ya que los elementos de las tres dimensiones mencionadas interactúan y tienen impactos entre sí.

Los usuarios interesados conforman un equipo, al que se le proporciona la información de los temas y criterios de lo que se considera sustentable en el mundo y deciden escogen y ponderan, un juego de ellos que sea importante o significativo para hacer la selección deseada.

Además de lo anterior y debido a que la información disponible puede ser robusta o muy subjetiva, los criterios también se ponderan de acuerdo a la calidad de la información con la que se esté analizando en los indicadores manejados para ello.

Finalmente, la metodología está pensada para ayudar a los maestrandos a hacer propuestas de tecnologías sustentables y a encontrar argumentos de sustentabilidad, o ventajas competitivas para que estas propuestas, que los ayude en su quehacer profesional.

Francisco Álvarez Partida, 2016.

Los sistemas a analizar son los siguientes:

- **Sistema pasivo:** este sistema se refiere al día 6 dentro de la Fase D que se realizó el día 12 de octubre de 2016, en donde se utilizaron las siguientes estrategias: plantas con facilidad de generación microclimática en patio con una densidad en población y acomodo del 90% dentro del espacio utilizable, malla sombra en Zona A, pared escudo, techo escudo y chimenea solar. Es decir, todas las estrategias son pasivas, sin ningún gasto de corriente eléctrica.
- **Sistema híbrido:** este sistema se refiere al día 5 dentro de la Fase D que se realizó el día 11 de octubre de 2016, en donde se utilizaron las mismas estrategias del sistema pasivo y se suman dos dispositivos eléctricos de ventilación en patio para facilitar la generación microclimática mediante la aireación de las plantas.
- **Sistema eléctrico:** se refiere a un sistema de aire acondicionado eléctrico convencional existente en la vivienda que hospeda al proyecto y es utilizado para el enfriamiento de la Zona B de la casa, este sistema es de 2 toneladas de capacidad de enfriamiento de aire que tiene un consumo de 2 kWh y es la representación de las metodologías convencionales con las que climatizan los espacios de las casas, contra dichas tecnologías compite el sistema aquí desarrollado.

## 4.12.1 Criterios e indicadores

	Referencia	Criterio	Definición	Indicadores	Puntaje normalizado	Fuente del indicador
SOCIAL	S1	Proveer confort térmico (Taylor, et. al., 2015 :06)	La zona de confort térmico descrita por Victor Olgyay se delimita en el verano y en las zonas de los trópicos dentro de los parámetros térmicos de 23.3°C y los 26.7°C, con una humedad relativa entre el 30 y el 70%	Se analiza el desempeño máximo alcanzado por cada uno de los sistemas estableciendo los parámetros de evaluación entre los 46°C (Temperatura récord de Culiacán) y los 23°C (Zona de confort)	46.0 – 43.7°C: 1 43.6 – 41.4°C: 2 41.3 – 39.1°C: 3 39.0 – 36.8°C: 4 36.7 – 34.5°C: 5 34.4 – 32.2°C: 6 32.1 – 29.9°C: 7 29.8 – 27.6°C: 8 27.5 – 25.3°C: 9 25.2 – 23.0°C: 10	(Olgyay, 1998 :18)
	S2	Generar una cultura de participación en la sustentabilidad (PCES, 2012: 70)	Para generar una cultura de participación en la sustentabilidad es necesario fomentar la participación de los residentes u ocupantes de los edificios en actividades que contribuyan al uso eficiente de los recursos y al mantenimiento de las instalaciones del inmueble, así como a la sustentabilidad del mismo, mediante la educación y la concientización.	Se analiza qué tan satisfecho está con la solución y si promovería el sistema evaluado con otras personas, haciendo así cultura sobre sustentabilidad. Se califica dependiendo de cuánta cultura de participación en la sustentabilidad aportaría el huésped.	Nivel de recomendación del proyecto por parte del huésped: 1- 10	(Soberanes, 2016)
	S3	Disminuir riesgos fisiológicos (Álvarez Partida, 2017)	Los cambios drásticos de temperatura pueden provocar perjuicios en la salud.	Se analiza la opinión de los huéspedes con respecto a la probabilidad de enfermar debido a cambios bruscos térmicos. Se califica dependiendo de la probabilidad y el nivel de severidad de la enfermedad a adquirir debido a cambios bruscos térmicos.	Probabilidad de enfermar: 1-5 Nivel de gravedad de la posible enfermedad: 1-5	(Soberanes, 2016)
	S4	Mejorar estética y biodiversidad del medio construido (Álvarez Partida, 2017)	En valor estético es de importancia dentro de la arquitectura, pues brinda un valor agregado al medio construido.	Para evaluar este criterio se utilizan las 8 notas objetivas del valor estético: partido, unidad, claridad, contraste, simetría, carácter, estilo y proporción. Se califica dependiendo del número de notas con que cuenta cada sistema analizado.	Número de notas objetivas del valor estético: 1-10	(Soberanes, 2016)
	S5	Promover mano de obra por auto gestión (Álvarez Partida, 2017)	No requerir de mano de obra especializada es relevante para lograr la adaptación de la vivienda a la sustentabilidad.	El criterio califica el supuesto de que el sistema evaluado pueda ser instalado por el mismo usuario o por un tercero sin requerir de mano de obra especializada. Se califica dependiendo de qué tan especializada es la mano de obra necesaria para la instalación del sistema	Nivel de autogestión yendo desde nula (realizada por el especialista): 1, hasta total (realizada por el usuario): 10	(Soberanes, 2016)
ECONÓMICO	E1	Producir ahorro monetario en el consumo de energía	LEED sugiere que el sistema analizado demuestre que puede reducir en un 5% el consumo eléctrico del edificio cuando es un edificio existente y el 10% cuando es un edificio que va a ser construido. (U.S. Green Building Council, 2009: 237)	Aunque LEED propone un 5% en ahorro, aquí se sugiere que, debido a que existe un subsidio eléctrico gubernamental en verano, se considere un 50% en ahorro para que sea significativo. Se califica dependiendo de cuánto porcentaje de ahorro mensual proporciona cada sistema.	>50%: 10 45%-50%: 9 40%-45%: 8 35%-40%: 7 30%-35%: 6 25%-30%: 5 20%-25%: 4 15%-20%: 3 10%-15%: 2 <10%: 1	(Soberanes, 2016)
	E2	Valorar en términos económicos los beneficios en salud ahorrados debido a compras verdes (PCES, 2012: 85)	Parte del supuesto de que al adquirir plantas y naturar espacios, el hombre obtendrá también beneficios en salud por estar en contacto con parte de un medio natural. (Johnson, Anne, et al., 1989)	La evaluación se realizará en base a las siguientes preguntas: ¿cuánto se deja de producir al enfermar por causas evitables mediante compras verdes?, y ¿cuánto cuesta aliviarse? Se califica dependiendo de la probabilidad y la gravedad de la(s) enfermedad(es) que pudieran adquirir debido a cambios drásticos térmicos.	\$0.00: 10 \$2,570: 8 \$4,250: 6 \$6,620 - \$6,955: 4 \$11,550 - \$11,620: 2 >\$290,000.00: 1	(Soberanes, 2016)
	E3	Compatibilizar, reconfigurar, adaptar fácilmente a otros sistemas constructivos	Cualquier sistema a ser adquirido por un cliente debe ser compatible, reconfigurable y adaptable para tener una mayor área mercantil y poder ser una opción viable de adquisición.	Se evalúa al sistema considerando su capacidad de ser compatible, reconfigurable y adaptable hacia el sistema constructivo tradicional. Se califica dependiendo de la opinión de los huéspedes sobre la capacidad de compatibilidad, reconfigurabilidad y adaptabilidad de cada sistema.	Capacidad de compatibilidad, reconfigurabilidad y adaptabilidad de cada sistema:  ausente = 0 remotamente presente = 1 medianamente presente = 2 presente = 3	(Soberanes, 2016)
	E4	Costos de operación y mantenimiento anuales (Álvarez Partida, 2017)	Un bajo costo de operación y mantenimiento hace que un sistema pueda ser preferido por un cliente por encima de otro sistema, dándole una ventaja mercantil al momento de ser considerado para adquirirse.	Un sistema será considerado fácilmente asequible si tiene un costo que equivalga del 0-1% del ingreso anual del huésped, medianamente asequible del 2 al 3% y difícilmente asequible por encima del 4%.	Del ingreso anual representa: 0% - 0.4%: 10 0.5% - 0.9%: 9 1% - 1.4%: 8 1.5% - 1.9%: 7 2% - 2.4%: 6 2.5% - 2.9%: 5 3% - 3.4%: 4 3.5% - 3.9%: 3 4% - 4.4%: 2 >4.5%: 1	(Soberanes, 2016)
	E5	Usar materiales y personal local	Los materiales y el pago a técnicos venidos de más allá de las fronteras inmediatas del cliente son de mayor impacto económico, mientras los locales tienden a ser más asequibles.	Se evalúa qué tan local o extranjero puede ser el diseño, fabricación de materiales, suministro y personal de construcción.	Procedencias de diseño, fabricación, suministro y personal: 1- 10	(Soberanes, 2016)



AMBIENTAL	A1	Conservar y utilizar especies vegetales nativas, especies vegetales en riesgo, contribuir a la biodiversidad regional (SITES, 2014: 45-47; U.S. Green Building Council, 2009: 77)	Conservar la biodiversidad nativa de las regiones, así como las especies en peligro es de gran importancia para la sustentabilidad.	LEED propone la aplicación de dos fórmulas para definir el área a natural en una edificación. Se califica dependiendo del porcentaje de naturalización correspondiente a dicha área.	Cantidad de área naturalizada: 0.0 – 4.6 m <sup>2</sup> : 1 4.7 – 9.3 m <sup>2</sup> : 2 9.4 – 14 m <sup>2</sup> : 3 14.1 – 18.8 m <sup>2</sup> : 4 18.9 – 23.5 m <sup>2</sup> : 5 23.6 – 28.2 m <sup>2</sup> : 6 28.3 – 33 m <sup>2</sup> : 7 33.1 – 37.7 m <sup>2</sup> : 8 37.8 – 37.7 m <sup>2</sup> : 9 42.6 m <sup>2</sup> o más: 10	(Soberanes, 2016)
	A2	Reducir el efecto "isla de calor" urbano (SITES, 2014; U.S. Green Building Council, 2009)	Proveer una reducción del efecto "isla de calor" favorece un intercambio térmico entre cuerpo humano y medio ambiente menos drástico donde el confort térmico puede ser más fácilmente alcanzable, así como la mitigación del estrés térmico, disminuyendo así la necesidad de la utilización de sistemas de regulación térmica (sistemas de aire acondicionado), y por consecuencia su tiempo de utilización.	LEED propone la aplicación de dos fórmulas para determinar si un sistema provee una reducción del efecto "isla de calor" o no.	Provee reducción: 10 No provee reducción: 1	(Soberanes, 2016)
	A3	Reducir el uso de energía del edificio para acondicionamiento de aire interior (SITES, 2014: 51)	La reducción en consumo eléctrico de un edificio en cuestiones de acondicionamiento de aire proporciona no sólo un ahorro económico, sino una disminución de emisiones de CO <sub>2</sub> equivalentes.	Para estimar el parámetro de consumo eléctrico máximo se toma el consumo de un sistema de aire acondicionado antiguo para el acondicionamiento del área a tratar.	El sistema tiene un gasto energético bimestral de: 0 kW – 10 146 kW o menor – 9 Entre 147 y 292 kW – 8 Entre 293 y 438 kW – 7 Entre 439 y 584 kW – 6 Entre 585 y 730 kW – 5 Entre 731 y 876 kW – 4 Entre 877 kW y 1022 kW – 3 Entre 1023 kW y 1167 kW – 2 Más de 1168 kW – 1	(Soberanes, 2016)
	A4	Utilizar tecnologías con absorción, nula producción o baja producción de emisiones de CO <sub>2</sub> o gases de efecto invernadero	La utilización de tecnologías de nulo o bajo impacto ambiental, como en el caso de la producción de emisiones de CO <sub>2</sub> aporta hacia la sustentabilidad.	La SEMARNAT (2016: 1) expone un factor de emisión eléctrico en donde menciona que cada MWh de electricidad está directamente relacionada con la emisión de 0.458 toneladas de CO <sub>2</sub> emitida a la atmósfera.	Absorbe 6.43 kg CO <sub>2</sub> e: 10 No absorbe, ni lo emite CO <sub>2</sub> e: 9 Producción >38.2 kg de CO <sub>2</sub> e: 8-1	(Soberanes, 2016)
	A5	Consumo hídrico de riego	Entre menor sea el consumo hídrico de un sistema, mayor es la importancia de este sistema en el ámbito sustentable con respecto a otros sistemas que tengan un mayor consumo hídrico.	Se evaluará el consumo hídrico de cada sistema y se compara contra un consumo hídrico de referencia previamente calculado.	Consumo hídrico de: 0 l = 10 1,350 l o menor = 9 1,350 - 2,700 = 8 2,700 - 4,050 = 7 4,050 - 5,400 = 6 5,400 - 6,750 = 5 6,750 - 8,100 = 4 8,100 - 9,450 = 3 9,450 - 10,800 = 2 > 10,800 = 1	(Soberanes, 2016)

**Tabla 68.** Criterios e indicadores. Fuente: propia

#### 4.12.2 Justificación y aplicación de criterios e indicadores

##### DIMENSIÓN SOCIAL

- Criterio S1 - Proveer *confort térmico*** (Taylor *et al.*, 2015 :06) BREEAM

Para este criterio se toma en cuenta la zona de *confort térmico* descrita por Víctor Olgyay, en donde se delimita a dicha zona en el verano y en las zonas de los trópicos dentro de los parámetros térmicos de 23.3°C y los 26.7°C, con una humedad relativa entre el 30 y el 70% (Olgyay, 1998 :18), tomando en cuenta que la temperatura récord alcanzada en la ciudad de Culiacán hasta el día de hoy ha sido de 46°C, se analiza el desempeño máximo alcanzado por cada uno de los sistemas estableciendo los parámetros de evaluación entre los 46 y los 23°C. El puntaje se da sobre el análisis de dicho desempeño en cada uno de los sistemas a la hora más cálida del día.

### Parámetros de evaluación:

46.0°C – 43.7°C: 1  
43.6°C – 41.4°C: 2  
41.3°C – 39.1°C: 3  
39.0°C – 36.8°C: 4  
36.7°C – 34.5°C: 5  
34.4°C – 32.2°C: 6  
32.1°C – 29.9°C: 7  
29.8°C – 27.6°C: 8  
27.5°C – 25.3°C: 9  
25.2°C – 23.0°C: 10

#### Puntaje:

- Sistema pasivo (Fase D, día 6): 7
- Sistema híbrido (Fase D, día 5): 7
- Sistema eléctrico: 10

- **Criterio S2 - Generar una cultura de participación en la sustentabilidad**  
(PCES, 2012: 70)

Para generar una cultura de participación en la sustentabilidad es necesario fomentar la participación de los residentes u ocupantes de los edificios en actividades que contribuyan al uso eficiente de los recursos y al mantenimiento de las instalaciones del inmueble, así como a la sustentabilidad del mismo, mediante la educación y la concientización.

Para evaluar este criterio se desarrolla y aplica al usuario de la vivienda de proyecto el siguiente cuestionario, para saber: **1)** qué tan satisfecho está con la solución y **2)** si promovería el sistema evaluado con otras personas, haciendo así cultura sobre sustentabilidad.

Parámetros de evaluación	Respuesta	Puntaje
¿Recomendaría el sistema implementado en su casa?	Definitivamente no	1
¿Recomendaría el sistema implementado en su casa?	Probablemente no	2

¿Recomendaría el sistema implementado en su casa?	Probablemente sí	3
¿Recomendaría el sistema implementado en su casa? ¿A quién?	Sí, a quien preguntase.	4
¿Recomendaría el sistema implementado en su casa? ¿A quién?	Sí, a mis familiares	5
¿Recomendaría el sistema implementado en su casa? ¿A quién?	Sí, a mis familiares y amigos	6
¿Recomendaría el sistema implementado en su casa? ¿A quién?	Sí, a mis familiares, amigos y conocidos	7
¿Recomendaría el sistema implementado en su casa? ¿A quién?	Sí, a mis familiares, amigos, conocidos y redes sociales	8
¿Recomendaría el sistema implementado en su casa? ¿A quién?	Sí, a mis familiares, amigos, conocidos, redes sociales y extraños	9
¿Recomendaría el sistema implementado en su casa? ¿A quién?	Sí, a los medios de comunicación.	10

**Puntaje:**

- Sistema pasivo (Fase D, día 6): 8
- Sistema híbrido (Fase D, día 5): 7
- Sistema eléctrico: 1

• **Criterio S3 - Disminuir riesgos fisiológicos** (Álvarez Partida, 2017)

Los cambios drásticos de temperatura pueden provocar perjuicios en la salud. Estos se dan principalmente en personas de corta edad, de edad avanzada, o en aquellas que padecen asma crónicamente o que son convalecientes de una traqueotomía, por citar algunos casos. Las alteraciones van desde ligeras afecciones (ánimo irritado, dolor de cabeza, sequedad en las mucosas, taponeo nasal y estornudos) hasta severos problemas tales como la broncoconstricción, la vasoconstricción, la presentación de broncoespasmos, e incluyen, como un extremo, la posibilidad de sufrir un infarto al miocardio (Jiménez, 2011; Ahlstrom, 2010)

Se elabora enseguida un cuestionario para aplicarlo a los huéspedes y a los responsables de la implementación de esta metodología, sobre la probabilidad de sufrir un problema de salud debido a los cambios bruscos de temperatura resultantes de pasar directamente de un lugar cálido, el exterior de la vivienda, hacia el interior

de ella, la zona acondicionada por cada uno de los sistemas a evaluar; y/o viceversa. En el cuestionario también se interroga sobre la seriedad del problema de salud consecuente. En el instrumento de medición cada pregunta se acompaña de su respectivo puntaje.

### Parámetros de evaluación:

1 – A su entender ¿Qué probabilidad de contraer un problema de salud se tiene al pasar directamente del ambiente exterior al interior de la vivienda acondicionada por el sistema evaluado?

Probabilidad	Puntaje
100%	1
75%	2
50%	3
25 %	4
0 %	5

2 - ¿En qué nivel de severidad catalogaría el riesgo a la salud debido a pasar bruscamente del exterior al interior de la casa acondicionado por el sistema evaluado?

Nivel de severidad	Puntaje
Fatal	1
De gravedad	2
Considerable	3
Ligera	4
Nula	5

### Procedimiento:

Se aplican las dos preguntas y se suman los puntajes para obtener el puntaje total para calificar a cada sistema evaluado.

#### Puntaje:

- Sistema pasivo (Fase D, día 6): 10
- Sistema híbrido (Fase D, día 5): 9
- Sistema eléctrico: 5

- **Criterio S4 - Mejorar estética y diversidad del medio construido**  
(Álvarez Partida, 2017)

En valor estético es de importancia dentro de la arquitectura, pues brinda un valor agregado al medio construido.

Para evaluar este criterio se utilizan las 8 notas objetivas del valor estético propuestas por el profesor Antonio Penagos Arenas: *partido, unidad, claridad, contraste, simetría, carácter, estilo y proporción*.

Se explican brevemente a continuación:

Partido: es la disposición combinada de un conjunto de partes o espacios dentro de una unidad compositiva;

Unidad: cuando los elementos de un conjunto se unen plásticamente;

Claridad: se refiere a la serie de elementos dispuestos en igualdad, distinguiendo la intencionalidad de la composición;

Contraste: Serie de elementos que son distinguidos aún en su distribución;

Simetría: Correspondencia exacta en tamaño, forma y disposición de las partes a ambos lados de un plan o línea divisoria, o en torno a un punto o centro en común;

Carácter: es una distinción que surge cuando el objeto evaluado es caracterizado dentro de una forma y lugar, correspondiendo al fin con el que fue construido;

Estilo: Se refiere a la corriente o tendencia predominante de una cierta época; y

Proporción: es aquello cuyas formas respetan la proporción áurea.

Procedimiento:

El equipo encargado de la realización de la metodología STS se encarga de evaluar a los tres sistemas utilizando las ocho notas objetivas del valor estético. Cada sistema será evaluado conforme a poseer o no las notas mencionadas. Cada nota tendrá un valor asignado de 1.25 para lograr un puntaje que va del 1 al 10 dentro de los ocho parámetros definidos. Se utilizará el siguiente formato para evaluar a cada uno de los tres sistemas:

### Parámetros de evaluación:

Instrucciones: marque con una cruz (X) las notas objetivas del valor estético con las que cuenta cada sistema, sume el total de notas y multiplique por 1.25 para obtener un puntaje de entre 1 y 10.

	Partido	Unidad	Claridad	Contraste	Simetría	Carácter	Estilo	Proporción	Total	Multiplicar por 1.25 para obtener puntaje
Sistema pasivo										
Sistema híbrido										
Sistema eléctrico										

Tabla 69. Formato de puntaje participativo. Fuente: propia

### Cálculo participativo:

El Mtro. Arq. Antonio Penagos califica al sistema pasivo con un puntaje de 8.25 (menciona que este cuenta con todas las notas del valor estético, excepto proporción), al sistema híbrido con un puntaje de 8.25 (menciona las mismas notas que el anterior) y al sistema eléctrico con un puntaje de 7.5 (menciona que contiene todas las notas a excepción de proporción y estilo).

El alumno Heriberto Soberanes califica de la siguiente manera: sistema pasivo 7.5 (menciona que este cuenta con todas las notas del valor estético, excepto simetría y proporción), sistema híbrido 7.5 (menciona las mismas notas que el anterior) y sistema eléctrico 6.25 (menciona que de las notas calificadas no tiene contraste, carácter ni estilo).

#### Puntaje:

- Sistema pasivo (Fase D, día 6): 7.8
- Sistema híbrido (Fase D, día 5): 7.8
- Sistema eléctrico: 6.8

- **Criterio S5 - Promover mano de obra por autogestión** (Álvarez Partida, 2017)

El criterio califica el supuesto de que el sistema evaluado pueda ser instalado por el mismo usuario o por un tercero sin requerir de mano de obra especializada. Esto es relevante para lograr la adaptación de la vivienda a la sustentabilidad.

**Parámetros de evaluación según instalación de sistema:**

- Completamente realizado por el usuario: 10
- Realizado por el usuario, apoyado con la opinión de un vecino o familiar no especializado: 9
- Realizado por el usuario, adaptando un diseño obtenido en la internet: 8
- Realizado por el usuario, encargando el diseño a un técnico no especializado: 7
- Realizado por el usuario, encargando el diseño a un arquitecto sobre un diseño visto en otra edificación: 6
- Realizado por el usuario, encargando el diseño a un técnico especializado: 5
- Realizado parcialmente por el usuario, encargando a un técnico especializado el diseño y el 20% de la hechura: 4
- Realizado parcialmente por el usuario, encargando a un técnico especializado el diseño y el 50% de la hechura: 3
- Realizado parcialmente por el usuario, encargando a un técnico especializado el diseño y el 80% de la hechura: 2
- Completamente realizado por un técnico especializado: 1

Puntaje:

- Sistema pasivo (Fase D, día 6): 6
- Sistema híbrido (Fase D, día 5): 6
- Sistema eléctrico: 1



## **DIMENSIÓN ECONÓMICA**

### **Criterio E1 - Producir ahorro monetario en el consumo de energía**

LEED sugiere que el sistema analizado demuestre que puede reducir en un 5% el consumo eléctrico del edificio cuando es un edificio existente y el 10% cuando es un edificio que va a ser construido (U.S. Green Building Council, 2009: 237).

En verano se tiene un subsidio gubernamental en el costeo de electricidad. Para el tipo de tarifa de la casa (tarifa 1F, aplicable a servicio exclusivamente doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 33 grados centígrados, caso en el que se encuentra la casa donde se efectuó el proyecto), donde el kW ya con el subsidio gubernamental tiene un costo de \$0.793 pesos (siempre y cuando no se exceda de 25kWh), se toma como base el consumo mensual eléctrico de la casa en julio y agosto de 2016, se calcula un consumo de 814 kW mensuales. Se suma el consumo de 3.2 kWh que tendría un sistema de aire acondicionado viejo de 2 toneladas, que, funcionando 6 horas al día consume un total de 584 kW al mes (CIME, 2016), resultando un total de 1,348 kW al mes en consumo, lo que significaría un costo de \$1,068.96 pesos (con el subsidio gubernamental ya considerado).

Si el sistema evaluado puede reducir el 5% de consumo y costo, entonces cumpliría con la condición que propone LEED. Finalmente, dado que LEED propone este porcentaje para escuelas y oficinas, al ser lugares de mayor consumo que una casa y sumando el factor de corrección por el apoyo gubernamental que es mayor al 80% el porcentaje de ahorro en el costo económico total mensual que propicie el sistema evaluado será significativo si representa el 50% o más.

#### **Parámetros de evaluación:**

El sistema representa:

50% de ahorro económico por gasto energético mensual o mayor – 10

45 y el 50% de ahorro económico por gasto energético mensual – 9

40 y el 45% de ahorro económico por gasto energético mensual – 8

35 y el 40% de ahorro económico por gasto energético mensual – 7

30 y el 35% de ahorro económico por gasto energético mensual – 6  
25 y el 30% de ahorro económico por gasto energético mensual – 5  
20 y el 25% de ahorro económico por gasto energético mensual – 4  
15 y el 20% de ahorro económico por gasto energético mensual – 3  
10 y el 15% de ahorro económico por gasto energético mensual – 2  
menos del 10% de ahorro económico por gasto energético mensual – 1

#### Cálculo:

##### **Sistema pasivo:**

No utiliza electricidad, la demanda de la casa por sí sola sería de 584 kW, lo que tendría un costo de \$463.11, significando un 56.6% de ahorro gracias al sistema implementado.

##### **Sistema híbrido:**

Utiliza dos ventiladores que, para el funcionamiento óptimo del sistema, deben estar encendidos las 24 horas, por lo que su consumo es de 50.37 kW al mes, sumados al consumo de la casa de 584 kW da un total de 634.7 kW mensual, lo que tendría un costo de \$503.03, significando un 52.9% de ahorro en electricidad gracias al sistema implementado.

##### **Sistema eléctrico:**

El sistema eléctrico siendo utilizado 6 horas al día durante un mes genera un consumo de 364.99 kW que, sumado al consumo general de la casa de 584, da un total de 948.99 kW al mes, lo que tendría un costo de \$752.55 pesos, significando un 11.2% en el ahorro en electricidad gracias al sistema implementado.

#### Puntaje:

- Sistema pasivo (Fase D, día 6): 10
- Sistema híbrido (Fase D, día 5): 10
- Sistema eléctrico: 3

- **Criterio E2 - Valorar en términos económicos los beneficios en salud ahorrados debido a compras verdes** (PCES, 2012: 85)

El hombre necesita tener un ambiente natural para subsistir (Johnson *et al.*, 1989: 2), es por eso que al adquirir plantas y naturalizar espacios, el ser humano obtendrá también beneficios en salud por estar en contacto con parte de un medio natural. Las “compras verdes”, conocidas también como “Contratación Verde”, “Ambientalización Interna” o “Compra Pública Ambientalmente Correcta”, son, en términos del Depto. de Medio Ambiente del Gobierno de Aragón (en España) “aquellas referidas al conjunto de iniciativas que la administración pública y otras entidades públicas y privadas llevan a cabo para la mejora del comportamiento ambiental interno.” (2004: 2).

La evaluación se realizará en base a las siguientes preguntas: ¿cuánto se deja de producir al enfermar por causas evitables mediante compras verdes?, y ¿cuánto cuesta aliviarse?

Para el caso inherente a este proyecto la improductividad está medida en términos económicos sobre una base de \$800 pesos mexicanos diarios.

A continuación, se muestra una tabla con un listado de enfermedades comunes debido a los cambios bruscos de temperatura en los individuos, esta tabla se elaboró con base a la consulta realizada a la Dr. especialista Lourdes López Vega (Cédula profesional no. 8939819) y se manejan cifras aproximadas, pues cada persona puede tener distintos índices de recuperación o de complicación y los costos dependen del especialista y el lugar donde se atienda al paciente. Además, para este apartado se han considerado los tratamientos más económicos: consulta a médicos asociados a las farmacias de similares o genéricos y, en el caso de ocupar especialidad; consulta a facultativos del Hospital Civil de Culiacán.

La selección de puntuación dependerá del cuestionario aplicado a los huéspedes de la casa del proyecto y se evaluarán los tres sistemas con base en los criterios de dichos huéspedes.

### Pregunta realizada al huésped de casa proyecto:

¿De qué podría enfermarse usted al experimentar un cambio brusco de temperatura respecto a la acción del sistema de acondicionamiento de aire evaluado?

Categoría	Padecimiento	Costo médico	Surtido de receta	Tiempo de recuperación	Pérdida de producción en términos económicos	Costo monetario total	Puntaje
n/d	Sin padecimiento	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	10
Vías respiratorias altas	<i>Rinosinusitis</i>	\$50.00	\$120.00	3 Días	\$2,400.00	\$2,570.00	8
	<i>Gripe Común</i>	\$50.00	\$200.00	5 Días	\$4,000.00	\$4,250.00	6
	<i>Otitis</i>	\$50.00	\$170.00	8 Días	\$6,400.00	\$6,620.00	4
	<i>Faringitis</i>	\$50.00	\$505.00	8 Días		\$6,955.00	
Vías respiratorias bajas	<i>Broncoespasmo asmático</i>	\$600.00	\$350.00	12 Días	\$10,600.00	\$11,550.00	2
	<i>Laringotraqueabronquitis Aguda</i>	\$600.00	\$420.00	12 Días		\$11,620.00	
Afecciones cardiacas	Infarto al miocardio	\$800.00	\$193.00 x Día	1 Año	\$70,517.00	Mayor a \$290,000.00	1

**Tabla 70.** Tabla de enfermedades por cambios drásticos térmicos. Fuente: propia

#### Puntaje:

- Sistema pasivo (Fase D, día 6): 10
- Sistema híbrido (Fase D, día 5): 8
- Sistema eléctrico: 2

### • **Criterio E3 - Compatibilizar, reconfigurar, adaptar fácilmente a otros sistemas constructivos** (De Garrido, 2012), Universidad Politécnica de Valencia.

Es importante para cualquier sistema a ser adquirido por un cliente pueda ser compatible, reconfigurable y adaptable para tener una mayor área mercantil y poder ser una opción viable de adquisición. Sobre una vivienda estándar, dotada con los servicios de agua potable, drenaje y corriente de 110 voltios, se harán tres estimaciones: la primera para dotarla de acondicionamiento térmico convencional (léase enfriamiento con aire acondicionado), el que hemos llamado sistema eléctrico; la segunda, para instalarle el sistema híbrido; y la tercera para acondicionarla con el sistema pasivo. Enseguida se detallan algunos aspectos propios de los tres diferentes sistemas.

Tipo de sistema	Particularidades adaptativas
Pasivo	Poner soportes de techo y pared escudo; instalar malla sombra; instalar sistemas de riego, de riego por goteo y de humidificación; construir la chimenea solar; hacer demolición y albañilería para huecos de alimentación a la chimenea, dotar de protecciones metálicas a dichos huecos.
Híbrido	Los mismos que el anterior.
Eléctrico	Introducir corriente eléctrica de 220 voltios para alimentar el aire acondicionado (en modalidad minisplit), albañilería y trabajo técnico necesarios para instalarlo, drenaje de agua, hacer perforaciones, instalar tubería de desagüe.

### Parámetros de evaluación:

Califique cada uno de los tres sistemas considerando su capacidad de ser compatible, reconfigurable y adaptable hacia el sistema constructivo tradicional. Marque del 1 al 3 cada opción según el grado en que usted considera presente la característica (0=ausente; 1=remotamente presente; 2=medianamente presente; y 3=presente).

### Cálculos participativos:

El sistema es:

Tipo de sistema	Nivel de compatibilidad	Capacidad de reconfiguración	Nivel de adaptación	Agregue 1 a la suma	Puntaje
Pasivo	2	3	3	$2+3+3=8$ , $8+1=9$	9
Híbrido	2	2	1	$2+2+1=5$ , $5+1=6$	6
Eléctrico	3	1	3	$3+1+3=7$ , $7+1=8$	8

Puntaje:

- Sistema pasivo (Fase D, día 6): 9
- Sistema híbrido (Fase D, día 5): 6
- Sistema eléctrico: 5

- **Criterio E4 - Costos de operación y mantenimiento anuales** (Álvarez Partida, 2017)

Un bajo costo de operación y mantenimiento hace que un sistema pueda ser preferido por un cliente por encima de otro sistema, dándole una ventaja mercantil al momento de ser considerado para adquirirse.

Para el caso inherente a este proyecto el porcentaje de costos y mantenimiento anuales están medidos en términos económicos sobre una base de \$800 pesos mexicanos diarios, significa que son \$4,800.00 a la semana. Multiplicados por las 52 semanas del año (sin quitar vacaciones) serían \$249,600.00.

Por lo que un sistema será considerado fácilmente asequible si tiene un costo que equivalga del 0% al 1% del ingreso anual del huésped, medianamente asequible del 2% al 3% y, difícilmente asequible por encima del 4%.

### **Parámetros**

Los costos de operación y mantenimiento anuales representan entre:

- El 0% y el 0.4% del ingreso anual del huésped: 10
- El 0.5% y el 0.9% del ingreso anual del huésped: 9
- El 1% y el 1.4% del ingreso anual del huésped: 8
- El 1.5% y el 1.9% del ingreso anual del huésped: 7
- El 2% y el 2.4% del ingreso anual del huésped: 6
- El 2.5% y el 2.9% del ingreso anual del huésped: 5
- El 3% y el 3.4% del ingreso anual del huésped: 4
- El 3.5% y el 3.9% del ingreso anual del huésped: 3

El 4% y el 4.4% del ingreso anual del huésped: 2

Mayor al 4.5% del ingreso anual del huésped: 1

## **Cálculos**

### **Sistema pasivo:**

#### Mantenimiento:

Necesita un jardinero que haga el mantenimiento de plantas trimestralmente:  
\$350.00 = \$1,400.00 pesos al año

#### Consumo hídrico:

Consumo hídrico anual: 91,560 l = 91.5 m<sup>3</sup>, la JAPAC cobra cada m<sup>3</sup> de agua dentro de la tarifa “doméstica” a \$9.94 pesos. Resultando anualmente un costo de \$909.94 pesos.

#### Costo de operación y mantenimiento total anual:

**\$2,309.94 pesos** (0.5 % del ingreso anual del huésped).

### **Sistema híbrido:**

#### Mantenimiento:

Necesita un jardinero que haga el mantenimiento de plantas trimestralmente:  
\$350.00 = \$1,400.00 pesos al año.

#### Consumo hídrico:

Consumo hídrico anual: 91,560 l = 91.5 m<sup>3</sup>, la JAPAC cobra cada m<sup>3</sup> de agua dentro de la tarifa “doméstica” a \$9.94 pesos. Resultando anualmente un costo de \$909.94 pesos.

#### Consumo eléctrico:

Utiliza dos ventiladores que, para el funcionamiento óptimo del sistema, deben estar encendidos las 24 horas, tendiendo un consumo eléctrico bimestral de 100.74 kW. En verano se tiene un subsidio gubernamental en el costeo de electricidad. Para el



tipo de tarifa de la casa (tarifa 1F, aplicable a servicio exclusivamente doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 33 grados centígrados, caso en el que se encuentra la casa donde se efectuó el proyecto), donde el kW ya con el subsidio gubernamental tiene un costo de \$0.793 pesos por kW (siempre y cuando no se exceda de 25kWh), resulta un costo bimestral de \$79.88 y uno anual de \$479.32 pesos.

Costo de operación y mantenimiento total anual:

$$\$1,400.00 + \$909.94 + \$479.32 = \$2,789.26$$

**\$ 2,789.26 pesos** (1.1% del ingreso total anual del huésped)

**Sistema eléctrico:**

Consumo eléctrico:

El sistema eléctrico siendo utilizado 6 horas al día durante un mes genera un consumo de 365 kW. Si se considera su uso de mayo a octubre -6 meses-, que es el periodo en que el subsidio gubernamental se presenta (Gobierno del estado de Sinaloa, 2014), se tiene un consumo de 2,190 kW en ese semestre. Este consumo será el que se haga a lo largo de todo un año. Su costo (a \$0.793 pesos el kw, subsidiado) es de \$1,736.67 pesos.

Mantenimiento:

Técnico para mantenimiento de la unidad de aire acondicionado eléctrico, su servicio se necesita una vez al año, tiene un costo de: \$350.00 pesos.

Costo de operación y mantenimiento total anual:

$$1,736.67 + 350 = 2,086.67$$

**\$ 2,086.67 pesos** (0.8% del ingreso total anual del huésped)

Puntaje:

- Sistema pasivo (Fase D, día 6): 9
- Sistema híbrido (Fase D, día 5): 8
- Sistema eléctrico: 9

• **Criterio E5 - Usar materiales y personal local**

El diseño y la construcción del proyecto requieren, naturalmente, de materiales y de personal técnico. Asimismo, es de común entendimiento que los materiales y el pago a técnicos venidos de más allá de las fronteras inmediatas del cliente son de mayor impacto económico, mientras los locales tienden a ser más asequibles. A continuación: una tabla donde se evalúan las opciones anteriores.

El proyecto requirió:

Del concurso local a nivel ciudad en diseño, con fabricación de materiales y/o suministro y personal de construcción o instalación en su totalidad.	10
Del concurso local a nivel estado en diseño, con fabricación de materiales y/o suministro y personal de construcción o instalación a nivel local de ciudad.	9
Del concurso local a nivel ciudad en diseño y personal de construcción o instalación, con fabricación de materiales y/o suministro en el estado.	8
Del concurso local a nivel ciudad en diseño y personal de construcción o instalación, con fabricación de materiales y/o suministro en el país.	7
Del concurso local a nivel ciudad en personal de construcción o instalación, con fabricación de materiales y/o suministro y diseño en el estado.	6
Del concurso local a nivel ciudad en diseño y personal de construcción o instalación, con fabricación de materiales y/o suministro de importación.	5
Del concurso local a nivel estado en diseño y personal de construcción o instalación, con fabricación de materiales y/o suministro de importación.	4
Del concurso local a nivel país en diseño y personal de construcción o instalación a nivel estado, con fabricación de materiales y/o suministro de importación.	3
Del concurso local a nivel estado en diseño, personal de construcción o instalación a nivel país, con fabricación de materiales y/o suministro de importación.	2
Del concurso extranjero en diseño, con fabricación de materiales y/o suministro y construcción en su totalidad.	1

Puntaje:

- Sistema pasivo (Fase D, día 6): 7
- Sistema híbrido (Fase D, día 5): 7
- Sistema eléctrico: 5

## **DIMENSIÓN AMBIENTAL**

- **Criterio A1 - Conservar y utilizar especies vegetales nativas, especies vegetales en riesgo, contribuir a la biodiversidad regional** (SITES, 2014: 45-47; U.S. Green Building Council, 2009: 77)

En las ciudades, el crecimiento desmesurado y no planificado provoca desastres ecológicos donde se pierden grandes variedades de hábitats y especies, por lo que conservar y utilizar la biodiversidad nativa de las regiones, así como las especies en peligro es de gran importancia para la sustentabilidad.

Para la evaluación de este criterio se utilizó la metodología propuesta en LEED, que se describe a continuación:

Metodología y cálculo:

- Ecuación 1 - (área total del sitio – la huella del edificio) x 0.5

Cálculo:  $(175 \text{ m}^2 - 89.61 \text{ m}^2) \times 0.5 = 42.69 \text{ m}^2$

- Ecuación 2 - área total del sitio x 0.2

Cálculo:  $(175 \times 0.2) = 35 \text{ m}^2$

- Escoger la que proporcione mayor área, el área mayor nos dará el área de plantas restauradas requeridas

### **Selección de ecuación**

Se selecciona la ecuación número 1 y esa es el área de plantas que se deben cubrir en el proyecto para asegurar este crédito, es decir  $42.69 \text{ m}^2$ .

### Parámetros de evaluación:

El sistema cuenta con:

- 0.0 – 4.6 m<sup>2</sup> de naturación endémica o regional – Puntaje: 1
- 4.7 – 9.3 m<sup>2</sup> de naturación endémica o regional – Puntaje: 2
- 9.4 – 14 m<sup>2</sup> de naturación endémica o regional – Puntaje: 3
- 14.1 – 18.8 m<sup>2</sup> de naturación endémica o regional – Puntaje: 4
- 18.9 – 23.5 m<sup>2</sup> de naturación endémica o regional – Puntaje: 5
- 23.6 – 28.2 m<sup>2</sup> de naturación endémica o regional – Puntaje: 6
- 28.3 – 33 m<sup>2</sup> de naturación endémica o regional – Puntaje: 7
- 33.1 – 37.7 m<sup>2</sup> de naturación endémica o regional – Puntaje: 8
- 37.8 – 37.7 m<sup>2</sup> de naturación endémica o regional – Puntaje: 9
- 42.6 m<sup>2</sup> o más de naturación endémica o regional – Puntaje: 10

#### Puntaje:

- Sistema pasivo (Fase D, día 6): 44 m<sup>2</sup>, cal: 10
- Sistema híbrido (Fase D, día 5): 44 m<sup>2</sup>, cal: 10
- Sistema eléctrico: 0 m<sup>2</sup>, cal: 1

- **Criterio A2 - Reducir el efecto “isla de calor” urbano.** (SITES, 2014; U.S. Green Building Council, 2009)

Proveer una reducción del efecto “isla de calor” favorece un intercambio térmico entre cuerpo humano y medio ambiente menos drástico donde el *confort térmico* puede ser más fácilmente alcanzable, así como la mitigación del *estrés térmico*, disminuyendo así la necesidad de la utilización de sistemas de regulación térmica (sistemas de aire acondicionado), y por consecuencia su tiempo de utilización.

La metodología usada por LEED para el cálculo del criterio se muestra a continuación (U.S. Green Building Council, 2009: 113):

- Identificar todas las partes no pertenecientes al techo que estén construidas a base de concreto en m<sup>2</sup>. Incluyendo aceras, patios, lotes de estacionamiento, caminos, etc. (T).
- Identifique las partes de concreto que se encuentren sombreadas por árboles u otras barreras. El sombreado debe calcularse a las 10:00, 12:00 y 15:00 horas dentro del solsticio de verano (S).
- Identificar todas las partes de concreto que estén sombreadas por paneles fotovoltaicos y sume el área (E).
- Identifique todas las superficies de concreto que estén sombreadas por elementos arquitectónicos o estructuras que tengan un índice de reflectancia solar (SRI por sus siglas en inglés) de 29 y sume el área total (A).
- Identifique todas las superficies de concreto que tengan un SRI por lo menos de 29 y sume el área total (R).
- Identifique todas las superficies de concreto que tengan un sistema de pavimento a base de concreto permeable que tenga por lo menos el 50% de permealidad y sume el área total (O).
- Sume el área de todas las superficies calificables para determinar el área total calificable (Q), usando la ecuación 1.

(Cada superficie debe ser contada solamente una vez)

#### Ecuación 1:

$$Q = ( S + E + A + R + O )$$

El resultado debe ser 50% o más del total del área de concreto (T), como se calcula en la ecuación 2:

#### Ecuación 2:

$$Q = T / 2$$

#### **Parámetros de evaluación:**

Sí cumple con el valor requerido: 10

No cumple con el valor requerido: 1

Puntaje:

Sistema pasivo (Fase D, día 6): 10

Sistema híbrido (Fase D, día 5): 10

Sistema eléctrico: 1

Nota: no fue necesario hacer el cálculo para deducir el resultado de la evaluación de este criterio debido a que el sistema implementado sombreó aproximadamente el 90% de la casa y el sistema eléctrico no cuenta con ningún sombreado.

- **Criterio A3 - Reducir el uso de energía del edificio para acondicionamiento de aire interior** (SITES, 2014: 51).

La reducción en consumo eléctrico de un edificio en cuestiones de acondicionamiento de aire proporciona no sólo un ahorro económico, sino una disminución de emisiones de CO<sub>2</sub> equivalentes.

Para estimar la reducción en uso de energía del edificio al referirnos exclusivamente al acondicionamiento de aire interior, es necesario saber cuánto consumiría un sistema de aire acondicionado viejo utilizado en la Zona B del proyecto. Un aparato antiguo de aire acondicionado con capacidad de 2 toneladas tiene un consumo aproximado de 3.2 kWh (CIME, 2016), utilizándolo 6 horas al día<sup>18</sup> consume un total de 1,168.01 kW al bimestre y nos da el consumo directo total máximo que se emplearía para refrigerar el área. Dicho consumo nos ofrece los parámetros para evaluar a los sistemas involucrados.

**Parámetros de evaluación:**

El sistema tiene un gasto energético bimestral de:

0 kW: 10

146 kW o menor: 9

Entre 147 y 292 kW: 8

---

<sup>18</sup> Los usuarios utilizaban, antes de implementar el sistema de este proyecto, el sistema de aire acondicionado desde las 12:00 horas hasta las 18:00 horas en los días cálidos de verano, es por eso que se evalúa conforme a la utilización del equipo en 6 horas.

Entre 293 y 438 kW: 7  
Entre 439 y 584 kW: 6  
Entre 585 y 730 kW: 5  
Entre 731 y 876 kW: 4  
Entre 877 kW y 1,022 kW: 3  
Entre 1,023 kW y 1,167 kW: 2  
Más de 1,168 kW: 1

## Cálculo

### Sistema pasivo:

No utiliza electricidad.

### Sistema híbrido:

Utiliza dos ventiladores que, para el funcionamiento óptimo del sistema, deben estar encendidos las 24 horas, tendiendo un consumo eléctrico bimestral de 100.74 kW.

### Sistema eléctrico:

El sistema eléctrico siendo utilizado 6 horas al día durante un bimestre genera un consumo de 730 kW.

#### Puntaje:

- Sistema pasivo (Fase D, día 6): 10
- Sistema híbrido (Fase D, día 5): 9
- Sistema eléctrico: 5

- **Criterio A4 - Utilizar tecnologías con absorción, nula producción o baja producción de emisiones de CO<sub>2</sub> o gases de efecto invernadero.** (UN-DESA, 2007<sup>a</sup>; BREEAM, 2011)

La utilización de tecnologías de nulo o bajo impacto ambiental, como en el caso de la producción de emisiones de CO<sub>2</sub>e aporta hacia la sustentabilidad.



La SEMARNAT (2016: 1) -como ya se mencionó- expone un factor de emisión eléctrico en donde menciona que cada MWh de electricidad está directamente relacionada con la emisión de 0.458 toneladas de CO<sub>2</sub> emitida a la atmósfera, o bien 0.458 kilos de CO<sub>2</sub> por cada kWh de consumo.

Para el enfriamiento de la Zona B en el proyecto es necesario un equipo de aire acondicionado con capacidad de enfriamiento de 2 ton. Un aparato antiguo de aire acondicionado con capacidad de 2 toneladas tiene un consumo aproximado de 3.2 kWh (CIME, 2016), utilizándolo 6 horas al día (que es lo que se consume en la casa del proyecto aproximadamente) consume un total de 584 kWh al mes, generando 267.4 kg de CO<sub>2</sub> equivalentes.

Por otro lado, un estudio realizado en Murcia sobre la absorción de CO<sub>2</sub> de los cultivos tanto hortícolas como arbóreos absorben más de 1800 g de CO<sub>2</sub> por m<sup>2</sup> anualmente (Carvajal *et al.*: 2009: 32).

#### Procedimiento:

El cálculo se hará de la siguiente manera: se calcula el área de Zona B en m<sup>2</sup> y se multiplicará por 1.8, dando así el resultado en kg de CO<sub>2</sub> a absorber anualmente, se divide entre 12 para tener el dato mensual. Una vez obtenido el resultado se fija el parámetro máximo calificable (puntaje de 10) por el número de kg de CO<sub>2</sub> a ser absorbidos por un sistema, teniendo como parámetro más bajo (puntaje de 1) a los 267.4 kg de CO<sub>2</sub> equivalentes del uso de un aire acondicionado antiguo con capacidad de 2 ton. al mes.

#### **Parámetros de evaluación:**

Absorbe 6.43 kg CO<sub>2</sub> mensuales o más – 10

Absorbe entre 0 y 6.42 CO<sub>2</sub>, no produce CO<sub>2</sub>e – 9

Produce 38.2 kg de CO<sub>2</sub> equivalentes o menos – 8

Produce entre 38.3 y 76.4 kg de CO<sub>2</sub> equivalentes - 7

Produce entre 76.5 y 114.6 kg de CO<sub>2</sub> equivalentes - 6

Produce entre 114.7 y 152.8 kg de CO<sub>2</sub> equivalentes - 5

Produce entre 152.9 y 191 kg de CO<sub>2</sub> equivalentes - 4

Produce entre 191.1 y 229.2 kg de CO<sub>2</sub> equivalentes - 3

Produce entre 229.3 y 267.4 kg de CO<sub>2</sub> equivalentes - 2

Produce más de 267.4 kg de CO<sub>2</sub> equivalentes - 1

#### Fórmulas:

Referencia 1: (Área de vivienda a acondicionar x 1.8) / 12

Referencia 2:  $(42.92 \times 1.8) / 12 = \underline{6.43 \text{ kg CO}_2}$  (Absorción mensual de CO<sub>2</sub>)

#### **Cálculos:**

**Sistema pasivo:**  $44 \text{ m}^2 \times 1.8 / 12 = 6.6 \text{ kg de CO}_2$  mensuales absorbidos.

#### **Sistema híbrido:**

Cálculo de absorción de CO<sub>2</sub> de plantas:

$44 \text{ m}^2 \times 1.8 / 12 = \underline{6.6 \text{ kg de CO}_2 \text{ mensuales absorbidos}}$

Cálculo de emisión de CO<sub>2</sub> equivalente por 2 ventiladores las 24 hrs.

Consumo por ventilación 24 horas al día = 1.65 kW al mes = 0.907 kg de CO<sub>2</sub> equivalentes emitidos al mes.

Cálculo de emisión de CO<sub>2</sub> resultante por ambos procedimientos:

$0.907 - 6.6 = \underline{5.69 \text{ kg de CO}_2 \text{ mensuales absorbidos}}$

#### **Sistema eléctrico:**

Su consumo es de 2 kWh, durante las 6 horas que se utiliza habitualmente = 12 kW por día = 364.9 kW al mes = 167.12 kg de CO<sub>2</sub> equivalentes emitidos al mes.

Puntaje:

- Sistema pasivo (Fase D, día 6): 10
- Sistema híbrido (Fase D, día 5): 9
- Sistema eléctrico: 5

**Criterio A5 - Consumo hídrico de riego.**

Entre menor sea el consumo hídrico de un sistema, mayor es la importancia de este sistema en el ámbito sustentable con respecto a otros sistemas que tengan un mayor consumo hídrico. Las referencias para este criterio son las siguientes: la OMS recomienda 9 m<sup>2</sup> de área verde por persona (UN-habitat, 2015: 8); por otro lado, el consumo hídrico del césped es de 300 litros de agua por m<sup>2</sup> al mes aproximadamente (Zureikat *et al.* 2010: 14).

El cálculo se dará de la siguiente manera: primero se multiplica el número de personas que habitan la vivienda por 9 para obtener el número de metros cuadrados mínimos de vegetación en la casa según la OMS; una vez que se obtenga este número, se multiplica el resultado por 300 para obtener el consumo hídrico que se tendría si el área fuese de césped. Con respecto a este valor se obtendrán los parámetros de evaluación correspondientes para este criterio.

Se utilizará la misma fórmula para calcular cuál es el consumo de cada sistema, sólo que, en lugar de multiplicar por 300, se multiplicará por el número de litros por m<sup>2</sup> resultantes del análisis hídrico de las plantas utilizadas en el sistema evaluado y se multiplicará por un factor de ponderación correspondiente a la cantidad de recurso hídrico existente en el área donde se implemente el proyecto, este factor será decidido por los integrantes del equipo de evaluación.

**Fórmula:**

$(A \times 9) \times B = \text{litros máximos de consumo.}$

Donde:

A = Número de usuarios de la vivienda

B = Consumo hídrico de la vegetación utilizada

**Cálculo para determinar el consumo hídrico de referencia:**

$(4 \times 9) \times 300 = 10,800 \text{ l mensuales.}$

**Parámetros de evaluación:**

Consumo hídrico mensual de 0 l = 10

Consumo hídrico mensual de 1,350 l o menor = 9

Consumo hídrico mensual de entre 1,350 y 2,700 = 8

Consumo hídrico mensual de entre 2,700 y 4,050 = 7

Consumo hídrico mensual de entre 4,050 y 5,400 = 6

Consumo hídrico mensual de entre 5,400 y 6,750 = 5

Consumo hídrico mensual de entre 6,750 y 8,100 = 4

Consumo hídrico mensual de entre 8,100 y 9,450 = 3

Consumo hídrico mensual de entre 9,450 y 10,800 = 2

Consumo hídrico mensual mayor a 10,800 = 1

**Cálculo para cada sistema****Sistema pasivo:**

Este sistema tuvo un consumo hídrico mensual por m<sup>2</sup> de 173 l. (Para mayor información consultar sección de “Criterios de replicabilidad”).

$(4 \times 9) \times 173 = 6,228 \text{ l}$

Multiplicado por el factor de ponderación donde se da una disminución de impacto del 35% decidido por los integrantes del equipo de evaluación (Penagos, Soberanes, Partida):  $0.65 = 4,048.2 \text{ l de consumo hídrico mensual.}$

**Sistema híbrido:**

Este sistema tuvo un consumo hídrico mensual por m<sup>2</sup> de 173 l.

$(4 \times 9) \times 173 = 6,228$  l de consumo hídrico mensual.

Multiplicado por el factor de ponderación donde se da una disminución de impacto del 35% decidido por los integrantes del equipo de evaluación (Penagos, Soberanes, Partida):  $0.65 = 4,048.2$  l de consumo hídrico mensual.

**Sistema eléctrico:**

Este sistema no tiene un consumo hídrico = 0 l de consumo hídrico mensual.

**Puntaje:**

- Sistema pasivo (Fase D, día 6): 7
- Sistema híbrido (Fase D, día 5): 7
- Sistema eléctrico: 10

### 4.12.3 Evaluación de sistemas

La gráfica siguiente muestra una ponderación particular, parcial, y global para cada sistema dentro de las tres dimensiones de la sustentabilidad que se analizan en esta sección, dando los resultados que serán utilizados en las gráficas que se mostrarán en el siguiente apartado.

Indicador			Ponderación Relativa Sustentable	Sistemas evaluados					
Dimensión	Referencia	Criterio		Sistema pasivo	Sistema pasivo ponderado	Sistema híbrido	Sistema híbrido ponderado	Sistema eléctrico	Sistema eléctrico ponderado
SOCIAL	S1	Proveer confort térmico	6.67%	7	4.669	7	4.669	10	6.67
	S2	Generar una cultura de participación en la sustentabilidad	6.67%	8	5.336	7	4.669	1	0.667
	S3	Disminuir riesgos fisiológicos	6.67%	10	6.67	9	6.003	5	3.335
	S4	Mejorar estética y biodiversidad del medio construido	6.67%	7.8	5.2026	7.8	5.2026	6.8	4.5356
	S5	Promover mano de obra por autogestión	6.67%	6	4.002	6	4.002	1	0.667
	Subtotal		33.34%	Subtotal (%): 25.8796		Subtotal (%): 24.5456		Subtotal (%): 15.8746	
	ECONÓMICO	E1	Producir ahorro monetario en el consumo de energía	6.67%	10	6.67	10	6.67	3
E2		Valorar en términos económicos los beneficios en salud ahorrados debido a compras verdes	6.67%	10	6.67	8	5.336	2	1.334
E3		Compatibilizar, reconfigurar, adaptar fácilmente a otros sistemas constructivos	6.67%	9	6.003	6	4.002	8	5.336
E4		Costos de operación y mantenimiento anuales	6.67%	9	6.003	8	5.336	9	6.003
E5		Usar materiales y personal local	6.67%	7	4.669	7	4.669	5	3.335
Subtotal		33.34%	Subtotal (%): 30.015		Subtotal (%): 26.013		Subtotal (%): 18.009		
AMBIENTAL		A1	Conservar y utilizar especies vegetales nativas, especies vegetales en riesgo, contribuir a la biodiversidad regional	6.67%	10	6.67	10	6.67	1
	A2	Reducir el efecto "isla de calor" urbano	6.67%	10	6.67	10	6.67	1	0.667
	A3	Reducir el uso de energía del edificio para acondicionamiento de aire interior	6.67%	10	6.67	9	6.003	5	3.335
	A4	Utilizar tecnologías con absorción, nula producción o baja producción de emisiones de CO2 o gases de efecto invernadero	6.67%	10	6.67	9	6.003	5	3.335
	A5	Consumo hídrico de riego	6.67%	7	4.669	7	4.669	10	6.67
	Subtotal		33.34%	Subtotal (%): 31.349		Subtotal (%): 30.015		Subtotal (%): 14.674	
			100%	D. Global: 87.2436		D. Global: 80.5736		D. Global: 48.5576	

Nota:

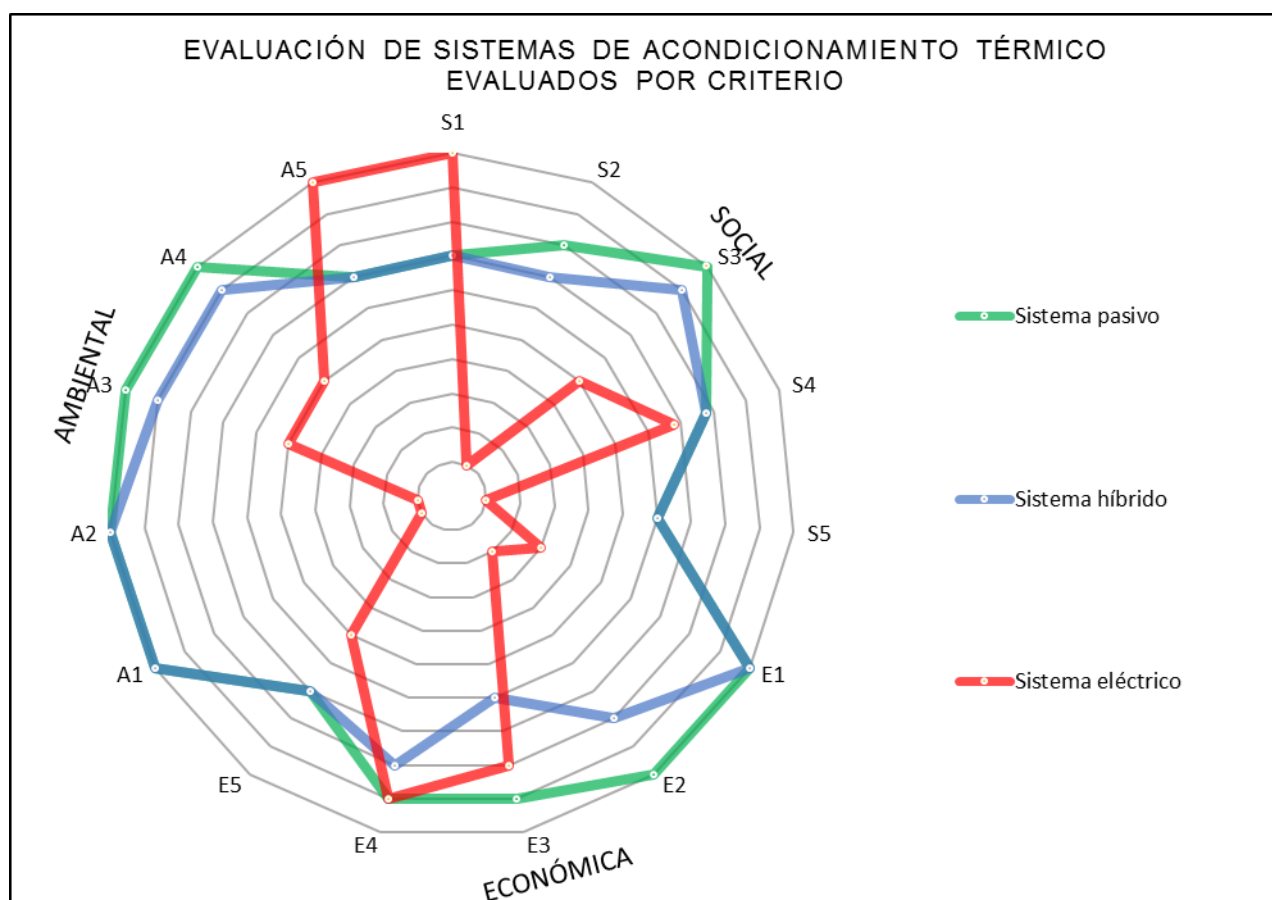
En la ponderación se utilizan números redondeados para conseguir el porcentaje más aproximado al dividir el 100% entre 3 o entre 15, ya que los números reales son imaginarios.

**Tabla 71.** Evaluación de sistemas. Fuente: propia

#### 4.12.4 Conclusiones de evaluación de sistemas de acondicionamiento térmico

- **Evaluación de sistemas de acondicionamiento térmico por criterio**

La siguiente gráfica engloba los quince criterios evaluados correspondientes a cada una de las dimensiones de la sustentabilidad aquí consideradas: en color verde se muestran los resultados obtenidos por el sistema de acondicionamiento térmico pasivo; en azul se muestra el sistema de acondicionamiento térmico híbrido; y, en rojo, se muestra el sistema de acondicionamiento eléctrico.



**Gráfica 50.** Evaluación de sistemas de acondicionamiento térmico por criterio. Fuente: propia

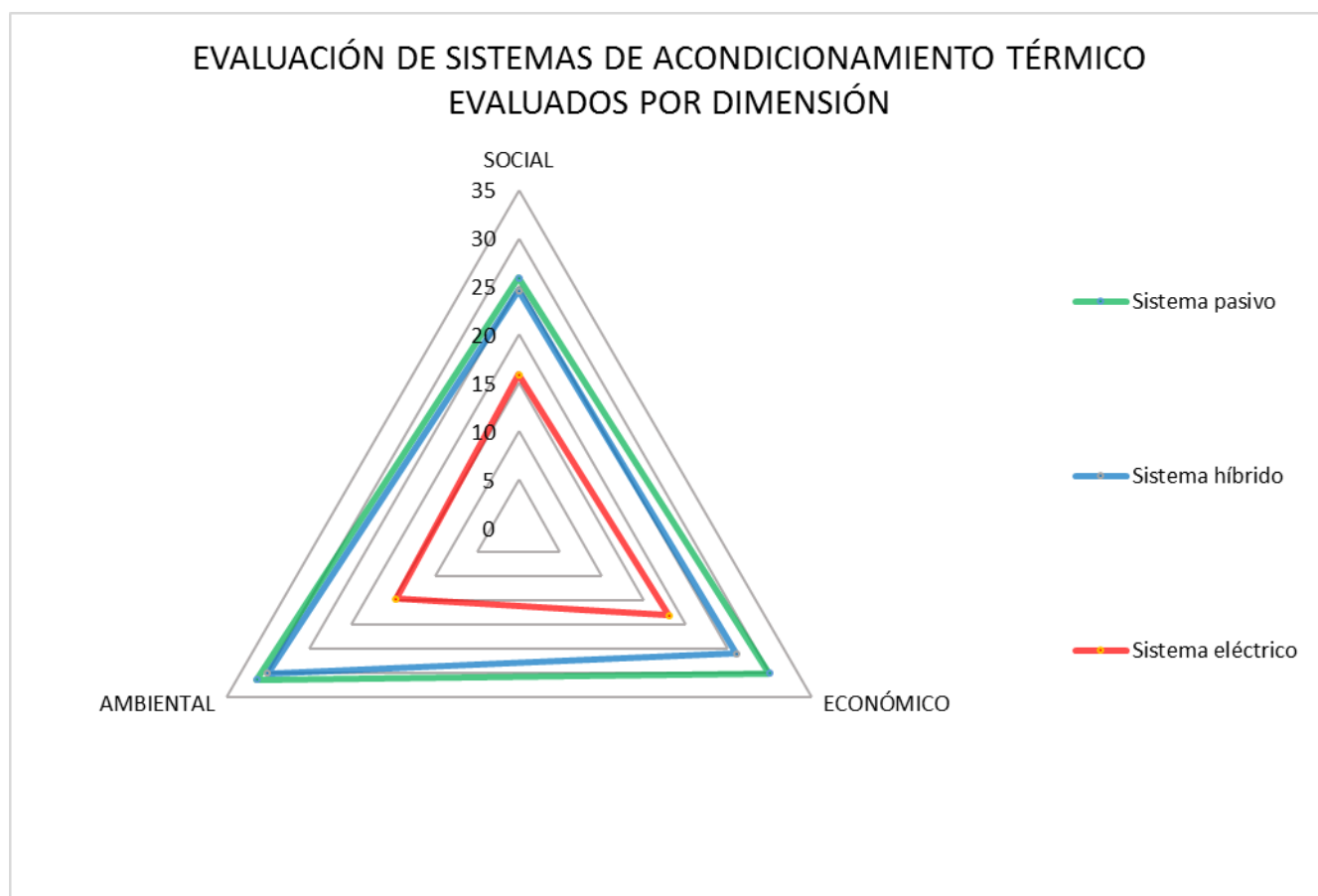
La gráfica pentadecagonal muestra el dibujo resultante de la evaluación interconectada de cada criterio evaluado en la metodología STS para cada sistema analizado. Como es notorio el sistema pasivo y el sistema híbrido muestran un dibujo muy similar, pues tienen un gran parentesco, sin embargo, el sistema pasivo muestra mejores resultados en los criterios S2, D3, E2, E3, E4, A3 y A4. Por otro



lado, el sistema eléctrico queda muy limitado en la evaluación sustentable, aunque resulta más eficaz que los otros dos en los criterios S1 y A5 que se refieren a *confort térmico* y consumo hídrico, respectivamente.

- **Evaluación de sistemas de acondicionamiento térmico por dimensión**

La siguiente gráfica de formato triangular muestra el desempeño de cada uno de los tres sistemas de acondicionamiento térmico contenido dentro de las tres dimensiones principales de la sustentabilidad, resultando polígonos triangulares que explican visualmente qué tan alto o bajo fue el desempeño de cada sistema dentro de cada dimensión: de color verde se muestra el sistema de acondicionamiento térmico pasivo; de color azul, el sistema híbrido; finalmente, de rojo, el sistema eléctrico. La gráfica tiene una graduación que va desde 0 hasta 33.3, refiriéndose al porcentaje que corresponde a cada una de las tres dimensiones para sumar un 100% entre ellas.

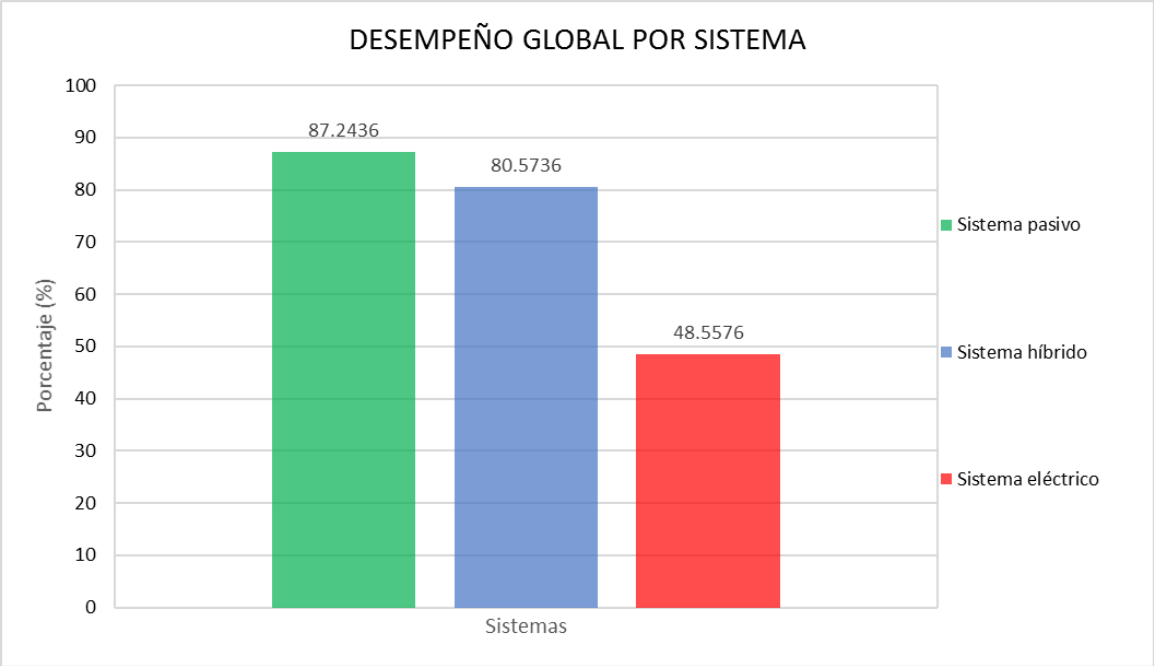


**Gráfica 51.** Evaluación de sistemas de acondicionamiento térmico por dimensión. Fuente: propia

Los resultados muestran al **sistema pasivo como el sistema que logra un mejor desempeño dentro de las tres dimensiones**, obteniendo un resultado ponderado del 25.8% en la dimensión social, 30% en la dimensión económica y un 31.3% en la dimensión ambiental. En segundo lugar, y seguido de cerca, se encuentra el sistema híbrido, que logra un 24.5% dentro de la dimensión social, un 26% dentro de la económica y un 30% dentro de la ambiental. Finalmente, al sistema eléctrico muy por debajo de los dos anteriores, logra un 15.8% dentro de la dimensión social, un 18% dentro de la dimensión económica, y un 14.6% dentro de la ambiental.

- **Desempeño global por sistema**

La siguiente gráfica muestra el desempeño global resultante de la ponderación global de cada uno de los sistemas, en donde, dentro de cada dimensión, se suman los resultados obtenidos y se muestra qué sistema tuvo un mayor puntaje resultante de la ponderación global de todos los criterios y dimensiones analizados, mostrando los desempeños globales de cada sistema resultantes de la evaluación con enfoque sustentable. Es decir, se muestra cuál de los tres sistemas es el más sustentable.



**Gráfica 52.** Desempeño global por sistema. Fuente: propia

Se concluye que el sistema pasivo tiene el mayor desempeño de los sistemas analizados al mostrar un 87.2% en la ponderación global; en segundo lugar, se tiene al sistema híbrido, logrando un 80.5% y; en tercer lugar, al sistema eléctrico, logrando un 48.5%.

#### 4.13 Escenarios futuros del clima mundial

En este capítulo se expondrá la manera en que nuestro sistema en estudio, replicado en gran medida, se comportará ante el clima mundial futuro. Lo dividiremos en tres partes: la primera (A), dedicada a presentar los escenarios del clima mundial para los próximos años; una segunda (B), que atenderá al cómo se comportaría nuestro sistema ante este futuro; y una tercera (C), a imaginar la positiva incidencia del sistema sobre dicho clima.

### A

#### 4.13.1 Hechos y proyección futura

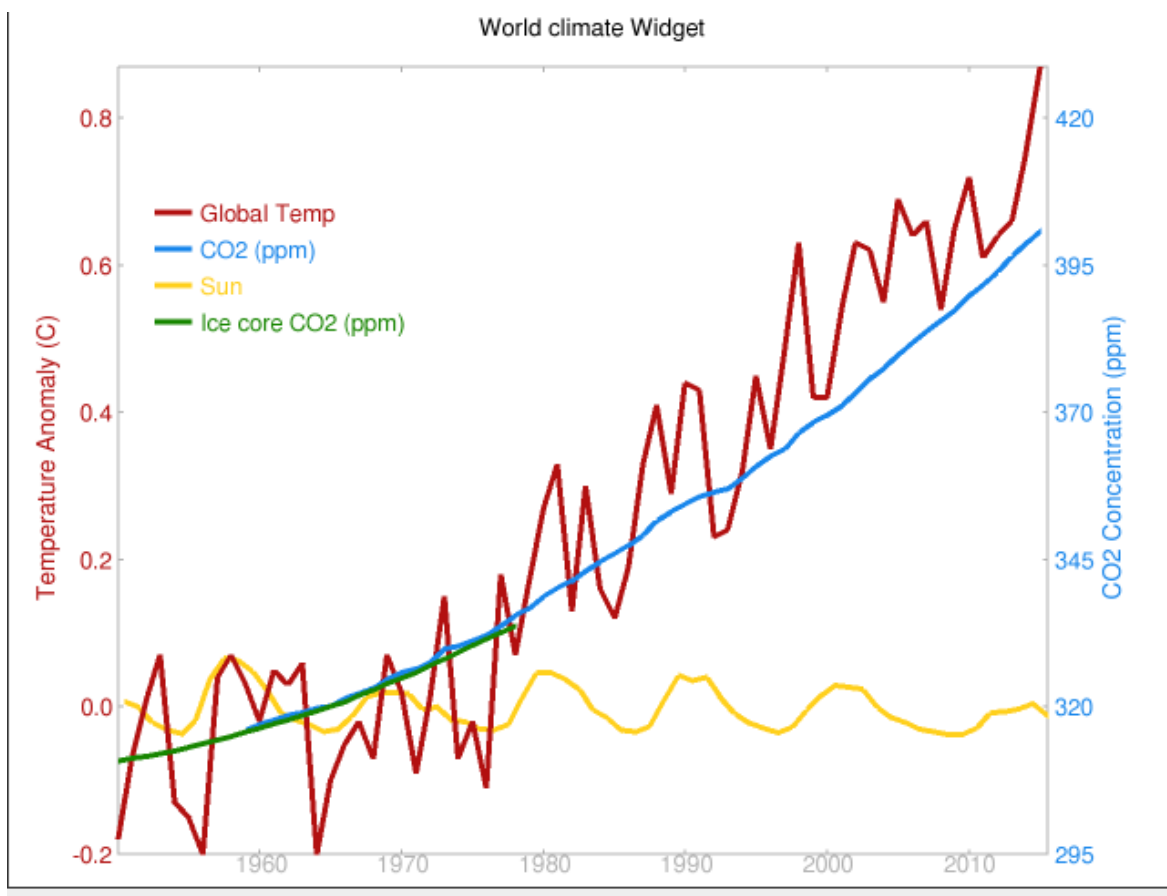
Es un hecho el aumento de temperatura en el mundo, durante los últimos cien años ha habido un aumento general de 0,74°C y durante la próxima década ese proceso continuará mostrando un aumento de 0,2°C (Larios Martón, 2007).

El Grupo Intergubernamental de expertos sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), que auspicia la Organización Meteorológica Mundial y el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, informa que ha identificado evidencias de que el cambio climático afecta a los regímenes de vientos, a las precipitaciones, a la salinidad de los océanos, a las capas de hielo y a los fenómenos climáticos extremos (IPCC: 2014: 4). Las sequías, consecuencia también del fenómeno, han aumentado en África, en los países del Mediterráneo y en partes del sur de Asia y han sido más largas e intensas desde 1970 en los trópicos, y, en contraste, han sido mayores las precipitaciones en las zonas más orientales del norte y sur de América, del norte de Europa y del norte y el centro de Asia, así como las inundaciones, las olas de calor o los ciclones tropicales (*ibíd.*, 52).

Las causas imputables a la actividad humana que han provocado el aumento de temperatura en el mundo se refieren a la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera, pues es la más alta de los últimos 650,000 años, y un 35 por ciento más alta que antes de la revolución industrial (siglo XVIII). Recientes investigaciones de

la NASA advierten que el daño sería irreversible, por los gases ya emitidos (*ibíd.*, 137).

El gráfico siguiente muestra el paralelismo entre concentración de CO<sub>2</sub> y temperatura global desde 1950 a 2014:



**Imagen F19.** Paralelismo entre concentración de CO<sub>2</sub> y temperatura global expuesto en el AR4 del IPCC sobre el cambio climático. Fuente: (Larios Martín, 2007)

La gama de sensibilidad climática (ECS) que los científicos del clima han presentado, durante más de treinta años, apenas ha cambiado.

“Fue 1,5-4,5°C en 1979 y esta gama sigue siendo la misma hoy en el AR5 (5to Informe de Evaluación del IPCC, por sus siglas en inglés). El nuevo informe sugiere que la inclusión de pruebas recientes, reflejada en el IR5, justifica una gama más baja de temperatura basada en observaciones de

1,25 - 3,0°C, con una mejor estimación de 1,75°C, para una duplicación del CO<sub>2</sub>. Por el contrario, los modelos climáticos utilizados para proyecciones en el AR5 indican un rango de 2-4,5°C, con un promedio de 3,2°C.”

(Cambio Global, 2014)

Una estimación sostenida hoy es que de seguir “la tendencia actual en la emisión de los gases de efecto invernadero, en el año 2100 la concentración global de CO<sub>2</sub> podría ser de entre 540 y 970 partes por millón”. Para comparación, la actual es de 385 y la de la época preindustrial era de 280 partes por millón (SEMARNAT, 2006: 46). Como consecuencia se espera que la temperatura media de la Tierra aumente, dice el Panel Intergubernamental de Cambio Climático, entre 1,4°C y 5,8°C en los próximos años (Hernández, 2001).

El océano, por su parte, ha sido también receptor de las alteraciones que el humano provoca: la acidificación oceánica, junto a otras consecuencias de la contaminación, aumenta el riesgo de impactos nocivos severos, generalizados y, en algunos casos, irreversibles, como la elevación del nivel del mar, “la cual no cesará durante siglos incluso aunque se estabilizara la temperatura media global” (IPCC, 2014: 13).

El cambio climático ha preocupado al hombre, pues es de esperarse que la caída de la producción agrícola y pesquera provoque crisis alimentaria; que las enfermedades transmitidas por vectores, como la malaria, afecten seriamente la salud; que los huracanes y tormentas aumenten el número de víctimas fatales (SEMARNAT, 2009: 46).

## B

### 4.13.2 Predicción sobre el Sistema Experimental de Acondicionamiento Térmico Mediante Manejo Microclimático ante los escenarios futuros del clima mundial

Ante los escenarios descritos brevemente, abordaremos una cuestión clave para la supervivencia de nuestro sistema ¿cómo se comportará ante este futuro? ¿Sobrevivirá? ¿Desaparecerá? Se expone enseguida.

Dadas las modestas necesidades materiales de nuestro sistema (plantas, agua, chimenea solar, tarimas, malla sombra...) se puede decir que será de larga vida. Detallamos enseguida, ante diferentes escenarios, por qué.

Ante las ondas de calor, que se espera sean muy probables, más frecuentes y más duraderas (IPCC, *op. cit.*: 10), nuestro sistema tendría que variar su población de plantas con especies que se adapten a esta nueva condición. En contraste, los sistemas convencionales -que incluyen el uso de sistemas de aire acondicionado-, serán requeridos de una mayor potencia, con un consumo igualmente mayor, con el resultado de generar más CO<sub>2</sub>.

Ante las sequías que van asociadas a las ondas de calor y que se esperan sean de mayor frecuencia e intensidad (*ibíd.*, 62) nuestro sistema, llevado a cuentas por las migraciones humanas iría a regiones donde el suministro de agua no falte.

Se espera que en los próximos años el costo de la energía eléctrica se eleve dramáticamente. La razón de esto es la tendencia mundial hacia el retiro de los subsidios a ella (CIDAC, 2015:10). Este panorama no afectaría al sistema pasivo, dado que no utiliza este insumo; en el caso del sistema híbrido, al utilizar una cantidad moderada de consumo eléctrico (ya expuesta) afectará en una medida modesta a la economía de los usuarios; contrariamente, el costo de mantener un sistema de climatización convencional, que sí depende totalmente de la energía eléctrica, castigará la economía de sus usuarios.



Hechas estas consideraciones se puede afirmar que el Sistema Experimental de Acondicionamiento Térmico Mediante Manejo Microclimático presenta una gran adaptabilidad y fortaleza frente a los cambios climáticos anunciados para el siglo XXI.

## C

### **4.13.3 Incidencia del Sistema Experimental de Acondicionamiento Térmico Mediante Manejo Microclimático sobre los escenarios futuros del clima mundial**

Nuestro sistema de acondicionamiento térmico en sus modalidades pasiva e híbrida tiene una principal característica: su bajo impacto en el medio ambiente.

¿Qué contaminación producen sus componentes: uno o varios bloques de plantas; una chimenea solar, una pared escudo hecha con tarimas; una malla sombra; un sistema de riego, uno de riego por goteo y uno de humidificación? La respuesta es: ninguna -cuando se encuentran funcionando en el sistema de climatización que nos ocupa-, pero lejos de idealizar esta evaluación, se reconoce en su medida los impactos, aunque moderados, que provocan directa o indirectamente la fabricación de sus elementos constitutivos, así como sus huellas de carbono y el procedimiento de implementación del sistema completo. Se expone más adelante.

Para medir la benignidad de nuestro sistema de climatización se hace necesaria una comparación entre el impacto que los sistemas climatizadores que usan aires acondicionados y el que es motivo de este trabajo. Los aparatos de refrigeración convencionales en sus diferentes modalidades (básico cúbico, minisplit) generan dos agentes contaminantes principales: el CO<sub>2</sub>, producto de su alto consumo eléctrico y el que produce el gas enfriador. Detallando: un aire acondicionado, en modalidad minisplit, trabajando 6 horas diarias durante un semestre produce 2,400.27 kW, mismos que generan 1,315.35 Kg de CO<sub>2</sub> que se emiten a la atmósfera coadyuvando en el efecto invernadero del planeta (Soberanes, 2016: 264). Del gas

enfriador podemos decir que, aunque es controlado y no contiene gases que afecten a la capa de ozono, sí tiene un alto elevado PCG y contribuye al calentamiento global (Soberanes, 2016: 263).

Respecto a las plantas, componentes sustantivos de nuestro sistema, diremos que lejos de contaminar, y gracias a la fotosíntesis, son agentes purificadores del aire. Cada año los organismos con capacidad fotosintética convierten en carbohidratos más del 10% del dióxido de carbono atmosférico (Pérez-Urria, 2009: 1). A riesgo de ser repetitivos, señalamos que los aparatos enfriadores convencionales no transforman positivamente el CO<sub>2</sub>, como aquellas, sino que lo aumentan.

No se desconoce que nuestro sistema de climatización utiliza componentes de origen industrial (malla sombra, ductos para conducir agua, componentes metálicos menores, tarimas de madera, tabla roca y otros elementos). El proceso industrial necesario para fabricarlos genera contaminación y consume recursos naturales, ya escasos, como el agua; pero aquel forzoso para fabricar abanicos, sistemas de aire acondicionado convencionales, alambrado eléctrico, etc., indispensable en los sistemas climatizadores tradicionales es, con mucho, mayor que el primero. Por poner algunos ejemplos de procesos de materiales usados para hacer aparatos del sistema convencional: producir una tonelada de acero consume 10,000 litros de agua; caucho sintético, 200,000; aluminio, 1,300,000; plástico, 2,000,000. (Delgado Huertos, n/d: 51).

Para concluir, se menciona que el aspecto más importante que nuestro sistema pudo lograr fue el de lograr un amortiguamiento térmico interior en la vivienda, teniendo reducciones térmicas de hasta 7.5°C y diferencias térmicas entre interior y exterior de hasta 10°C por lo que aun aumentando la temperatura global, el sistema podría lograr importantes reducciones que favorezcan la mitigación del *estrés térmico*, los efectos negativos producidos en la salud de los usuarios debido a cambios drásticos térmicos, ahorros importantes en el consumo eléctrico y todos los criterios evaluados en la metodología STS. Una vez hechas estas consideraciones, podemos afirmar, definitivamente, que nuestro sistema tiene aportación en la mejora del clima mundial.

## 5 CRITERIOS DE REPLICABILIDAD

### 5.1 Cantidad y tipos de planta a utilizar por metro cuadrado (m<sup>2</sup>)

Para este proyecto se utilizaron diversas plantas siguiendo el criterio para una óptima generación microclimática en donde se recomienda tener tres capas de estratificación de plantas en el lugar de aplicación para la generación microclimática: árboles, arbustos y plantas tapizantes. Es importante mencionar que debido a que el proyecto fue experimental y las plantas no se tendrían como permanentes en el lugar, sino que se consiguieron a manera de préstamo, no se realizó una estratificación según la fisiología natural de la planta en estado adulto, sino según la fisiología con la que cada especie contaba en el momento de su aplicación, es decir, se utilizaron plantas que, aunque fueron catalogadas como arbustivas en este proyecto, en realidad eran árboles muy jóvenes y eran de tamaño arbustivo en el momento de ser utilizadas, así como algunas arbustivas que fueron catalogadas y usadas como tapizantes por sus pequeñas dimensiones debido a su corta edad, etcétera. Se concluye que para un proyecto permanente sí deben clasificarse y utilizarse las plantas con sus características naturales, es decir, estratificar considerando árboles adultos, arbustos adultos, y plantas tapizantes adultas, con el fin de que no se tenga un descontrol de vegetación, sino una vegetación controlada en tamaño originalmente proyectada.

A continuación, se muestran las plantas utilizadas dentro de su clasificación, así como sus números totales de ejemplares y su número de ejemplares a ser utilizados por metro cuadrado en caso de buscar replicar el proyecto en algún otro lugar.

ÁRBOLES	Número de unidades
Palma kerpis ( <i>Adonidia merrillii</i> )	8
Total:	8
Cantidad de árboles a utilizar por m <sup>2</sup> :	0.18

Tabla 72. Árboles utilizados en el proyecto. Fuente: propia

ARBUSTIVAS	Número de unidades
Apomo ( <i>Brosimum alicastrum</i> )	6
Amapa rosa ( <i>Handroanthus impetiginosus</i> )	17
Areca ( <i>Dyopsis lutescens</i> )	18
Clavellina ( <i>Pseudobombax ellipticum</i> )	11
Guamúchil ( <i>Phitecellobium dulce</i> )	11
Guanacastle ( <i>Enterolobium cyclocarpum</i> )	2
Mezquite ( <i>Prosopis chilensis</i> )	1
Piñanona ( <i>Monstera deliciosa</i> )	8
Jacaloxochitl ( <i>Plumeria rubra</i> )	10
Tabachin ( <i>Delonix regia</i> )	10
Venadillo ( <i>Swietenia humilis</i> )	10
Mafafa ( <i>Xanthosoma robustum</i> )	15
Lluvia de oro ( <i>Laburnum anagyroides</i> )	7
<b>Total:</b>	126
<b>Cantidad de arbustivas a utilizar por m<sup>2</sup>:</b>	2.86

**Tabla 73.** Arbustos utilizados en el proyecto. Fuente: propia

TAPIZANTES	Número de unidades
Wedelia ( <i>Wedelia trilobata</i> )	50
Croto petra ( <i>Codiaeum variegatum</i> )	25
Croto tirabuzon ( <i>Codiaeum variegatum</i> )	25
Espárrago ( <i>Spring meyeri</i> )	25
Helecho Boston ( <i>Nephrolepis exaltata</i> )	5
Teléfono ( <i>Epipremnum aureum</i> )	20
Sin vergüenza ( <i>Tradescantia zebrina</i> )	25
<b>Total:</b>	175
<b>Cantidad de tapizantes a utilizar por m<sup>2</sup>:</b>	3.97

**Tabla 74.** Plantas tapizantes utilizadas en el proyecto. Fuente: propia

## 5.2 Consumo hídrico mensual por m<sup>2</sup>

Con ánimo de establecer una cantidad de agua de riego para la replicación del sistema, se define el consumo hídrico mensual por m<sup>2</sup>. La vivienda que hospedó al proyecto tiene un patio de 44.02 m<sup>2</sup> que fue llenado de plantas, al dividir esta medida territorial entre los litros acumulados de consumo analizados en el apartado

4.11.5, nos dice que el proyecto tuvo un consumo hídrico mensual de: 7,630 l, lo que es equivalente a  $7.63 \text{ m}^3$ , por lo que al ser divididos entre  $44.02 \text{ m}^2$  disponibles en el patio para uso de vegetación, nos da la cantidad de:  $0.173 \text{ m}^3$ , que es equivalente a **173 litros de agua por  $\text{m}^2$  al mes**. Resultando en un consumo de **5.69 litros por  $\text{m}^2$  por día**.

### 5.3 Chimenea solar

Una chimenea solar necesita ser dimensionada para el inmueble en específico en donde será aplicada, para así lograr un funcionamiento óptimo en la misma. Es muy importante entender que las chimeneas solares funcionan y se diseñan dependiendo del análisis climatológico y del análisis de geometría solar de cada lugar donde se piense implementar, por lo que no pueden ser expuestas en un criterio de replicabilidad en esta sección. Por lo tanto, se sugiere consultar el apartado “4.8.5 Chimenea solar” en este trabajo, donde se recomiendan las siguientes tres tesis para el entendimiento y proyección de chimeneas solares: primeramente y sin orden de importancia, la del autor Alberto Sánchez González llamada “*Estudio mediante simulación numérica de chimeneas solares para ventilación, refrigeración y calefacción*”, presentada en el año 2008 dentro del Departamento de Ingeniería Térmica y de Fluido, de la Universidad Carlos III de Madrid Escuela Politécnica Superior, en Leganés, España; continuando con la del autor Juan Carlos León Vázquez llamada “*Parámetros de diseño de la chimenea solar*”, presentada en el año 2013 para la Universidad Politécnica de Cataluña, en Barcelona, España; finalmente, la del autor Elías Páez Ortega, llamada “*Analyzes of Solar Chimney Design*”, presentada en el año 2011 para la NTNU (Norwegian University of Science and Technology) en su Departamento de energía y Procesos de Ingeniería, en Noruega.

## 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al realizar el extenso análisis de resultados del experimento contenido en este trabajo, se concluye que fue un experimento exitoso, pues tuvo un amortiguamiento bastante importante dentro de la vivienda con respecto al exterior. Su mejor desempeño se tuvo el día 12 de octubre de 2016, correspondiente al Día 5 de Fase D, con una diferencia térmica provocada de  $-10.0^{\circ}\text{C}$  con respecto al contexto térmico externo e inmediato a la vivienda.

Como es mencionado en la sección de la situación problema, los cambios bruscos de temperatura son perjudiciales para la salud, por lo que un punto muy importante que nuestro sistema ofrece es que convierte a la casa como una zona de transferencia térmica entre el exterior y los cuartos con sistemas de aire acondicionado convencionales, es decir, en el periodo cálido de la ciudad, cuando los huéspedes descansen en sus respectivas habitaciones, al momento de salir de la habitación no estarán exponiéndose a un cambio tan brusco de temperatura como lo sería si nuestro sistema experimental no estuviese actuando en la casa, por lo que puede ser considerado también como una zona de transferencia. Del mismo modo, el huésped que se encuentre fuera de la casa, al llegar a esa, pasará por una zona de transferencia térmica no tan fría como la zona de las recámaras en donde se encenderá el aire acondicionado convencional, reduciendo de este modo los riesgos en la salud debido a los cambios bruscos de temperatura.

Como todo experimento, al realizarse por primera ocasión después de ser ideado, éste contiene una serie de imprevistos y aspectos que pueden ser perfeccionados conforme se siga experimentando y estudiando este tipo de implementación de sistemas que trabajan mediante el bioclimatismo de espacios arquitectónicos.

En este caso se tuvo una aplicación muy limitada, pues fue necesario buscar la forma de implementar el sistema en una construcción ya realizada, y no en una que pudiera proyectarse, por lo que eso significó un reto aun mayor, particularmente en el aspecto de la ventilación, pues no se podía conseguir una ventilación que cruzara

de norte a sur naturalmente, pues los vientos dominantes vienen desde el suroeste, ésta tuvo que ser provocada mediante dispositivos de ventilación. Sin embargo, para un inmueble que aún no haya sido construido, y dependiendo de la orientación del terreno y/o de la edificación, se puede generar un diseño arquitectónico que favorezca a las corrientes de aire que benefician al huésped de la vivienda sin necesidad de provocar la ventilación cruzada mediante dichos dispositivos. Por otro lado, si los dispositivos eléctricos van a ser requeridos, entonces se recomienda la adquisición de dispositivos de un consumo eléctrico de entre 30 y 40 Wh y, preferentemente, de marcas locales, buscando que se tenga una menor huella de carbono por concepto de transportación y/o distribución.

Al principio de este trabajo se mencionó un estudio realizado en Sacramento, California, en donde se analizaron distintas especies de plantas, específicamente sobre su cualidad de reducir la temperatura mediante la sombra que produce cada especie, sin embargo, es importante aclarar que esas especies son adecuadas para esa ciudad y no para Culiacán, pues son de climas templados que no existen en la localidad, por lo que implementar esas especies de plantas sería insustentable. Por otro lado, algunas de las especies recomendadas por los biólogos expertos, si bien podrían funcionar para cuestiones de *enfriamiento evaporativo*, son consideradas actualmente como plagas y amenazas para la biodiversidad. Tal es el caso de las especies arbóreas del Nim y el Olivo Negro. A diferencia de las anteriores, algunas especies son muy recomendadas para utilizarse en la ciudad, no sólo en espacios interiores, sino en exteriores, por ejemplo, el Venadillo. Esta especie consume poca agua, no destruye banquetas y cuenta con la capacidad de enfriar pasivamente el ambiente circundante, según lo comentaban los biólogos del Jardín Botánico de Culiacán.

En la ciudad de Culiacán, al igual que en muchas ciudades en México, las plantas endémicas o regionales no son implementadas como plantas ornamentales al momento de planificar un jardín en una vivienda, o bien, en espacios públicos. La mayoría de las veces se escogen las especies por su apariencia estética, pero no se tiene el cuidado de estudiarlas a fondo para identificar si son especies



introducidas que generen un problema en los ciclos naturales de la región. Sin embargo, como se mostró en el archivo fotográfico de plantas de este trabajo, muchas especies vegetales sinaloenses son muy bellas y pueden ser utilizadas fácilmente como ornato. En este proyecto no se tuvo un enfoque ornamental, pues al ser un primer paso en este tipo de sistemas de innovación, el principal objetivo era buscar la disminución térmica. Sin embargo, las especies que se implementaron tienen potencial ornamental. Para los proyectos a futuro que implementen este sistema, una vez siguiendo el patrón que se necesita para la generación microclimática (tener a las plantas distribuidas en estratos, es decir, especies arbóreas por encima de especies arbustivas para servir de protección tanto solar como de plagas que pudieran llegar, y las arbustivas a su vez situadas por encima de las tapizantes), será posible además buscar la estética visual.

Algunos problemas importantes que sucedieron dentro de este experimento fueron los siguientes: algunas palmas, aun estando protegidas del sol mediante la malla sombra, tuvieron quemaduras en sus hojas, esto debido a que no estaban situadas en su ambiente natural, pues necesitaban además de un sombreado, una aireación importante que no se tenía en el patio y un riego adecuado; al terminar el experimento y las plantas ser devueltas al Jardín Botánico de Culiacán, se notó que muchas de ellas estaban estresadas hídricamente por falta de riego adecuado y algunas otras incluso muertas. Recordemos que, aunque los biólogos expertos sugirieron riego por goteo para este sistema, este no se pudo realizar por la falta de tiempo, de recurso y porque las plantas no iban a estar sembradas -por estar en calidad de préstamo-, por lo que el riego realizado no fue efectivo, cuando pudo haberlo sido. Claramente, esto se debe también a la inexperiencia por parte del autor del trabajo. Imaginemos por un momento que el riego hubiera sido el adecuado, debido a la evapotranspiración potencial (ETP) los resultados hubieran sido aun mejores que los obtenidos con la evapotranspiración real (ETR). Por lo anterior se recomienda que antes de poner en práctica un proyecto así, o bien, implementar el sistema que aquí se propone, se tenga una capacitación previa de cuidado de plantas no sólo en la teoría, sino también en la práctica en caso de

aplicarse mediante autogestión, o bien, contratar a un experto en botánica que recomiende los cuidados particulares de cada especie.

Una recomendación importante realizada por el biólogo José Saturnino Díaz es la de obtener un periodo prolongado de evapotranspiración de plantas si estas son regadas entre 8:00 a.m. y 10:00 a.m.

Por otro lado, este proyecto puede no ser accesible a muchas personas por su estatus socioeconómico, pero no es necesario que se adquiera en un solo movimiento, el sistema tiene la ventaja de que se puede implementar por etapas una estrategia de compra en donde las plantas puedan irse adquiriendo e irse sembrando de una manera proyectada. Para esto, se recomienda que se compren los árboles, arbustos y plantas tapizantes de una manera simultánea utilizando las proporciones de tipo de planta por m<sup>2</sup> explicado en el segmento “criterios de replicabilidad” ubicado en el apartado 5 de este trabajo.

Dentro de la experimentación del proyecto, se tuvo una expectativa errada de la chimenea solar, ya que se esperaba que ésta provocara corrientes de aire que introdujeran el microclima generado en el patio. Sin embargo, el resultado fue distinto: la chimenea solar se encargó de enfriar la Zona C y la Zona B a través de la convección sin generar corrientes de aire perceptibles por los usuarios.

En otra temática, la sombra generada en el patio mediante la malla sombra se realizó de esa manera por ser imposible implementar un árbol de grandes dimensiones en el patio de la casa. Sin embargo, se recomienda el uso preferente del sombreado de un árbol de proporción importante o varios medianos antes que utilizar malla sombra en la implementación de este sistema en un nuevo lugar, pues el árbol permite una ventilación mayor y propicia una disminución térmica más significativa al lugar por su propia evapotranspiración.

Uno de los puntos más importantes que deben ser atendidos para la realización de futuras aplicaciones de este sistema, es realizar siempre un estudio hídrico de la región. En este caso, después de haber sido realizado el estudio hídrico de Culiacán

y definirse que en la región hay abundancia hídrica, el proyecto se volvió viable. De lo contrario, se tendría que haber encontrado una alternativa para mantener hidratadas a las plantas. Con esto, se hace referencia diversas técnicas de reutilización de agua, como los usos de agua pluvial, de aguas grises de la vivienda, incluso técnicas más sofisticadas como los “silos de agua” o “lluvia sólida” a base de acrilato de potasio, desarrollados por Sergio Jesús Rico Velasco (ingeniero del IPN) que a su vez son comercializados en gran parte de Latinoamérica, y pueden ser utilizados para regiones con limitado acceso al agua, permitiendo a las plantas aprovecharla de una manera muy significativa.

Algunas de las preguntas que surgen a partir de la implementación del experimento tienen que ver con el consumo del agua por parte de las plantas, es decir, ¿se desperdicia mucha agua con este sistema?, como respuesta: es importante implementar plantas regionales y/o endémicas, pues sus requerimientos hídricos son bajos tanto en cantidad como en frecuencia de riego. Sin embargo, si este sistema se popularizara, podría contribuir, aunque modestamente, a la recarga de acuíferos.

Para finalizar la temática del agua, el consumo hídrico de este proyecto es de aproximadamente 173 litros de agua por  $m^2$  al mes, que, al ser comparado con el requerimiento hídrico del césped, representa el 57.6% de dicho consumo, que es de aproximadamente 300 litros de agua por  $m^2$  al mes (Zureikat *et al.*, 2010: 14).

Algunas incógnitas surgieron al realizarse el experimento: las principales son las siguientes: ¿el hecho de acercar las plantas a los puntos de acceso de ventilación exterior hacia el interior de la vivienda influye positivamente o no influye en la disminución térmica de los espacios habitables internos?; en el proceso de enfriamiento evaporativo a lo largo del área de generación microclimática (Zona A) ¿en qué grado tiene influencia la posición de las plantas con respecto a su proximidad al acceso del aire a la vivienda?; ¿qué tanto influye en la generación microclimática el piso de concreto de la Zona A al tener una incidencia solar parcial?; ¿sería recomendable cambiar el material del piso en Zona A para mejorar la

generación microclimática? Las anteriores incógnitas podrán ser retomadas por futuros investigadores que repliquen el experimento.

Al cuestionar al huésped del proyecto con respecto a las ventajas o desventajas del sistema se concluye que la persona percibe los beneficios del Sistema Experimental de Acondicionamiento Térmico Mediante Manejo Microclimático, sin embargo, le parece un tanto excesivo el mantenimiento del mismo al tener que ser regado manualmente, como lo fue en este caso. Pero, como ya se mencionó en el documento, el tipo de riego recomendado por los biólogos expertos se refiere a riego por goteo, y éste no significaría un problema para el usuario, pues podría ser incluso automatizado.

Algunos puntos importantes a mencionar de la entrevista realizada se refieren a que el huésped nota que implementado el Sistema Experimental de Acondicionamiento Térmico Mediante Manejo Microclimático, no es necesario el uso diurno del aire acondicionado convencional y que el gasto hídrico, según su percepción, aumenta en un 30% al que se tenía antes de implementar el proyecto. Finalmente, una actitud notoria es percibir que la persona huésped se sintió bien al contribuir a la sustentabilidad, a la ecología y al cuidado del medio ambiente.

En calidad de recomendación, se menciona que la evaluación sustentable STS se realice siempre en equipo, para tener una evaluación más justa entre sistemas a evaluar, pues al realizarse individualmente se pueden perder algunos enfoques importantes y/o interesantes que podrían ser evaluados o medidos.

Para concluir, si este experimento resulta interesante y convincente para el ambiente científico, tendría el potencial para ser aplicado masivamente en viviendas que carecen de trato térmico ubicadas en regiones cálidas con características climáticas cálido-húmedas y cálido-secas. Además, podría lograr aplicaciones en otros géneros de edificación distintos a la vivienda con variantes de implementación que siguieran el mismo principio del Sistema Experimental de Acondicionamiento Térmico Mediante Manejo Microclimático. El siguiente paso sería sólo cuestión de imaginarlo y buscar cómo realizarlo.

## 7 FUENTES CONSULTADAS

### Fuentes Bibliográficas

**Akbari, H.** (2001). *Shade trees reduce building energy use and CO<sub>2</sub> emissions from power plants*. Elsevier Science Ltd. Estados Unidos de América. pp. S119-S126.

**Almanza, R.**, Cruz-Manjarrez, H, Chávez-Galán, J., Hernández, P., Hernández V., Martínez, I., Mesa, A., Morillón, D., Rodríguez, N., Salazar, C., Santiago C. (2009). *Ingeniería de la Energía Solar III*. Instituto de Ingeniería UNAM. México. pp. 494.

**Álvarez Partida, F.** (n/d). Metodología participativa para seleccionar tecnologías para la vivienda sustentable. (Tesis doctoral en desarrollo). Universidad Nacional Autónoma de México. México. pp. (n/d).

**Armendáriz, P.** (1998). *Calor y trabajo: prevención de riesgos laborales debidos al estrés térmico por calor*. INSHT. Madrid, España. pp.10.

**Bojorquez, G.** (2010). *Confort térmico en exteriors: actividades en espacios recreativos, en clima cálido seco extremo*. Tesis doctoral. Facultad de Arquitectura y Diseño. Universidad de Colima. Coquimatlán, Colima, México. pp. 466.

**Boumaraf, H.**, A. Tacherift. (2012). *The Effect of Irrigated Vegetation on Human Thermal Stress in a Hot-Arid Region*. Annals of the University of Oradea, Geography Series. Romania. pp. 249-254.

**Calderas, A.**; Lambert, A.; Montero, G.; Campbell, H.; Leyva, O. (2009). *Cuantificación de emisiones de gases refrigerantes en Mexicali, Baja California*. II Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos, Barranquilla, Colombia. pp. 7.

**Calleja, U.**, A. Clemente González Sainz y S. A. García. (2013). *Arboricultura*. Hoja Divulgadora no. 14, Red Linkfor, España. pp. 10.

**Carrazana, H.** (2003). *Naturación Urbana y de la Arquitectura. Desarrollo de una propuesta, como modelo, en la ciudad de La Paz, Bolivia: Techo Verde para el*

*Teatro Modesta Sanjinez de la Casa de la Cultura*. Universidad Politécnica de Catalunya. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona. España. pp. 12.

**Carvajal, M.**, C. Mota, C. Alcaraz-López, M. Iglesias, M.C. Martínez-Ballesta. (2010). *Investigación sobre la absorción de CO<sub>2</sub> por los cultivos más representativos de la región de Murcia*. Publicación electrónica de LessCO<sub>2</sub> y CEBAS-CSIC. Murcia, España. pp. 41.

**Chanampa, M.**, J. Alonso, P. Vidal, R. Guerra, F. Olivieri, J. Neila, y C. Bedoya. (2009). *Sistemas vegetales que mejoran la calidad ambiental de las ciudades*. Cuaderno de Investigación Urbanística n° 67. Departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio (ETSAM) de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, España. pp. 49-67.

**CIDAC** (Centro de Investigación para el Desarrollo). (2015). *Modificar los subsidios eléctricos para garantizar la eficiencia del sector es posible*. CIDAC. Recurso electrónico. México D.F., México. pp. 53.

**CIME**. (2016). *Tablas de consume eléctrico*. Publicación electrónica. México D.F., México. pp. 3.

**Clark, J. R.**, L. R. Costello, N.P. Mayheny. (1995). *Estimación de las necesidades hídricas de las plantas de jardín*. Horticultura. España, pp. 117-127.

**CONAGUA** (Consejo Nacional del Agua). (2015). *Atlas del Agua en México 2015*. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales y Gobierno de la República. México Distrito Federal, México. pp. 135.

**Dascal, G.** (1994). *Los espacios verdes apropiados (EVAs). Una propuesta para mejorar las condiciones de vida en zonas urbanas desfavorecidas en Santiago, Chile*. Revista de Geografía Norte Grande, edición no. 21. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. pp. 7-12.

**Deffis, A.** (1994). *La casa ecológica autosuficiente. Clima cálido y tropical*. Árbol Editorial, S.A. de C.V. México, D.F. México. pp. 367.

**Delgado Huertos E.** (1997). *Consumo y Medio Ambiente*. Tabanque: revista pedagógica. Univ. de Valladolid, Esc. Univ. de Educación de Palencia. España. pp. 51

**Departamento de Medio Ambiente del Gobierno de Aragón.** (2004). *Seminario Compras Verdes: La contratación de productos y servicios con criterios ambientales*. Publicación electrónica. Aragón, España. pp. 50.

**Dutta, B.,** W.N. Smith, B.B. Grant, E. Pattey, R.L. Desjardins, C. Li. (2016). *Model development in DNDC for the prediction of evapotranspiration and water use in temperate field cropping systems*. Elsevier. Estados Unidos de América. pp. 9-25.

**Del Río Sánchez, J.** (2008). *El papel del arbolado urbano en la mejora climática y el ahorro energético de las ciudades*. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía, España. pp. 27-29.

**Fernández Zayas, J. L.,** Estrada-Cajigal, V. (1983). *Cálculo de la Radiación Solar Instantánea en la República Mexicana*. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. pp. 58.

**Fuentes Freixanet, V.** (2001). *Arquitectura bioclimática*. Universidad Autónoma Metropolitana – Azcapotzalco. México, D.F., pp. 132.

**Fuentes Freixanet, V.** (2004). *Clima y arquitectura*. Universidad Autónoma Metropolitana – Azcapotzalco. México, D.F. pp. 306.

**García Chávez, J. R.,** Fuentes Freixanet, V. (1995). *Viento y Arquitectura*. Trillas S.A. de C.V. México, D.F. pp. 196.

**Giraldo, O. F.** (2013). *Hacia una ontología de la Agri-Cultura en perspectiva del pensamiento ambiental*. Polis. Santiago, Chile. pp. 18.

**Gliessman, S. R.** (2002). *Agroecology: ecological processes in sustainable agriculture*. LITOCAT, Turrialba, Costa Rica. pp. 359.



**Gómez, A., G.** Bojórquez Morales, R. Ruíz Torres. (2007). *El confort térmico: dos enfoques teóricos enfrentados*. Palapa. Colima, México. pp. 45-57.

**Gropius, W.** (1957). *Alcances de la arquitectura integral 'Perspectivas del mundo'*. Traducido por Fabricant, L. (original: *Scope of total architecture*). La Isla. Buenos Aires, Argentina. pp. 197.

**Hernández, E. R.** (2001). *El Efecto Invernadero*. Agrupamiento de Ingenieros Ecologistas AIE-CENATTEV. Buenos Aires. Argentina. pp. 4.

**IPCC** (Grupo Intergubernamental de expertos sobre Cambio Climático). (2014). *Cambio climático 2014: Informe de síntesis*. OMM, PNUMA. Recurso informático. Ginebra, Suiza, pp. 157.

**Jaramillo, O.** (1998). *Transporte de energía solar concentrada a través de fibras ópticas: acoplamiento fibra-concentrador y estudio térmico*. (Tesis de maestría). Unidad Académica de los Ciclos Profesional y de Posgrado. Universidad Nacional Autónoma de México. Temixco, Morelos, México. pp. 157.

**Johnson, A., K.** Bounds. (1989). *Interior landscape plants for indoor air pollution abatement*. NASA, John C. Stennis Space Center, Science and Technology laboratory, Mississippi, U.S. pp. 22.

**León Vázquez, J. C.** (2013). *Parámetros de diseño de la chimenea solar*. (Tesina Final de Máster en Arquitectura, Energía y Medio Ambiente presentada para la Universidad Politécnica de Cataluña). Barcelona, España. pp. 49.

**López de Asiain, M.** (2003). *Estrategias Bioclimáticas en la Arquitectura*. Diplomado internacional "Acercamiento a criterios arquitectónicos ambientales para comunidades aisladas en áreas naturales protegidas de Chiapas". Universidad Politécnica de Cataluña, España. pp. 40.

**Meruane, C., R.** Garreaud. (2006). *Determinación de Humedad en la Atmósfera*. DGF – U. de Chile. Chile. pp. 10.

**Machuca, L.**, Molina, J., Espinoza, R. (2012). *Estudio climático de Vilcallamas Arriba y análisis de indicadores bioclimáticos de aplicación potencial*. FC-UNI, CER-UNI. Publicación para el XIX Simposio Peruano de Energía Solar (XIX- SPES), Puno, 14 -17.11.2012. Perú. pp. 12.

**Mundo-Molina, M. D.** (2009). *Estandarización de las ecuaciones para estimar la evapotranspiración del cultivo de referencia*. FI-UNAM. Distrito Federal, México. pp. 120-135.

**Nouri, H.**, S. Beecham, F. Kazemi, A. M. Hassanli and S. Anderson. (2013). *Remote sensing techniques for predicting evapotranspiration from mixed vegetated surfaces*. Copernicus Publications on behalf of the European Geosciences Union. Göttingen, Germany. pp. 3899-3925.

**Olgyay, V.** (1998). *Arquitectura y Clima. Manual de diseño bioclimáticos para arquitectos y urbanistas*. Editorial Gustavo Gili, S. A., Barcelona, España. pp. 203.

**Oliver, J.** (2005). *Encyclopedia of World Climatology*. Springer. Nueva York, Estados Unidos de América. pp. 854.

**ONU-Hábitat.** (2009). *Climate Change: The Role of Cities*. ONU-Hábitat, Publicación electrónica. pp. 4.

**ONU-Hábitat.** (2011). *Las Ciudades y el Cambio Climático: Orientaciones para políticas*. Earthscan. Publicación electronica. pp. 66.

**Palich, N.**, M. Day and D.e Hes. (2011). *Glossary of Environmentally Sustainable Design*. Enviroment Design Guide. Melbourne, Australia. pp. 24.

**Pereyra Díaz, T.**, D.G. Cruz Torres, J. A. A. Pérez Sesna. (2011). *La Evapotranspiración Real (ETR) en la cuenca del río La Antigua, Veracruz: estado actual y ante escenarios de cambio climático*. UNAM. México D.F., México. pp. 38-50.

**Pérez-Urria Carril, E.** (2009). *Fotosíntesis: Aspectos Básicos*. Reduca (Biología). Madrid, España. pp. 47.

**Promis, A.**, J. Caldentey, M. Ibarra. (2010). *Microclima en el interior de un bosque de Nothofagus pumilio y el efecto de una corta de regeneración*. Bosque, Universidad Austral de Chile. Chile. pp. 129-139.

**Qiang Wang, Y.**, Y. Jiu Xiongb, G. Y. Qiu, Q. T. Zhang. (2016). *Is scale really a challenge in evapotranspiration estimation? A multi-scale study in the Heihe oasis using thermal remote sensing and the three-temperature model*. Elsevier. Estados Unidos de América. pp. 14.

**Rzedowski, J.** (1986). *Vegetación de México*. LIMUSA S.A. de C.V. México D.F. pp. 432.

**Sánchez Bañuelos, R.**, G. Márquez Salazar, B. Salomón Montijo. (2014). *Climatología de la ciudad de Culiacán*. Universidad Autónoma de Sinaloa. Culiacán, México. pp. 3.

**Sánchez González, A.** (2008). *Estudio mediante simulación numérica de chimeneas solares para ventilación, refrigeración y calefacción*. (Proyecto final para la Universidad Carlos III de Madrid Escuela Politécnica Superior). Departamento de Ingeniería Térmica y de Fluidos. Leganés, España. pp. 114

**Sánchez Sepúlveda, M.** (2015). *Arquitectura y Bienestar Sostenible*. Revista A+C Arquitectura y Cultura, no 7. LOM Ediciones. Santiago, Chile. pp. 144.

**Sánchez Toribio, M. I.**, A. Romero Díaz. (2005). *Estado actual de los métodos de estimación de la evapotranspiración. Aplicación a la cuenca del río Quipar, Murcia*. Nimbus. España. pp. 189-202.

**Secretaría de Salud.** (2012). *Prevención y diagnóstico del Golpe de Calor en pacientes de 19 a 59 años en el primer nivel de atención*. Catálogo Maestro de Guías de Práctica Clínica: SEMAR-571-12. Publicación electrónica. Gobierno Federal. México. pp 48.

**SEMARNAT** (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2009). *Cambio climático. Ciencia, evidencia y acciones*. Subsecretaría de Planeación y

Política Ambiental. Dirección General de Políticas para el Cambio Climático. México D.F. México pp. 44-55.

**SEMARNAT** (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2016). *Aviso para el reporte del Registro Nacional de Emisiones*. Subsecretaría de Planeación y Política Ambiental. Dirección General de Políticas para el Cambio Climático. México D.F. México. p. 1.

**Skaggs, K. E.**, Suat Irmak, M. ASCE. (2012). *Analysis of Microclimate Data Measured over Grass and Soybean Canopy and Their Impacts on Penman-Monteith Grass and Alfalfa Reference Evapotranspiration*. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. ASCE. Estados Unidos de América. pp. 120-134.

**Taurus**. (2013). *Manual Ponents Elegance*. Publicación electrónica. España. pp. 32.

**Taylor, T.**, H. Pineo. *Health and Wellbeing in BREEAM*. (2015). Briefing paper. BRE Global. Reino Unido. pp. 7.

**Trebilcock, M.**, M. Díaz. (2012). *Manual de Diseño Pasivo y Eficiencia Energética en Edificios Públicos*. Centro de Investigación en Tecnologías de la Construcción – CITEC UBB, de la Universidad del Bío Bío. Innova Chile. Chile. pp. 211.

**UN-Habitat**. (2015). *Public Space*. Habitat III Issue Papers. Publicación electrónica. New York, Estados Unidos de América. pp. 8.

**Urbano-López de Meneses, B.** (2013). *Naturación urbana, un desafío a la urbanización*. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, vol. 19, núm. 2, mayo-agosto, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México. pp. 225-235.

**U.S. Green Building Council**. (2009). *LEED Reference Guide for Green Building Design and Construction*. USGBC. Washington, DC. Estados Unidos de América. pp. 645.

**Vega-Aviña, R.,** Villaseñor-Ríos, J. L. (2008). *Listados florísticos de Sinaloa. 1. Flora del Municipio de Culiacán, Sinaloa, México.* Universidad Autónoma de Sinaloa. Culiacán, Sinaloa, México. pp. 84.

**Wieser Rey, M.** (2009). *Consideraciones bioclimáticas en el diseño arquitectónico: el caso peruano.* Departamento de Arquitectura - Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP). Perú. pp. 93.

**Yana Motta, S. F.** (n/d). *Low-GWP Refrigerants for Air Conditioning and Refrigeration Applications.* United Nations Environment Programme. Recurso electrónico para Honeywell. pp. 8.

**Zhang, J.,** B. Guo, Q. Jiang, H. Ru, Z. Wang. (2013). *Study on Microclimate Characteristics and Vertical Variation of Potential Evapotranspiration of the Robinia pseudoacacia Forest in the Loess Plateau of China.* Hindawi Publishing Corporation. Estados Unidos de América. pp. 11.

**Zureikat, L.,** D. Hussein. (2010). *Landscape Water Efficiency Guide.* USAID Water Demand Management Program, Ministry of Water and Irrigation. Reino Hashemita de Jordania. pp. 49

## **Recursos informáticos**

**Ahlstrom, D.** (n/d) *The Irish Times: Drop in temperature can raise risk of heart attack.* URL: <http://www.irishtimes.com/news/drop-in-temperature-can-raise-risk-of-heart-attack-1.636383> (Consultada en noviembre de 2016)

**Beltrán, C.** (2007). *Se registran en Culiacán 48°C.* Periódico Noroeste. URL: <http://www.noroeste.com.mx/publicaciones.php?id=318960> (Consultada en julio de 2015)

**Caerrier.** (2012). *Refrigerants.* URL: [http://web.archive.org/web/20120331092303/http://www.commercial.carrier.com/commercial/hvac/general/0,,CLI1\\_DIV12\\_ETI9329,00.html](http://web.archive.org/web/20120331092303/http://www.commercial.carrier.com/commercial/hvac/general/0,,CLI1_DIV12_ETI9329,00.html) (Consultado en noviembre de 2016)

**CFE.** (2016). *Consulta tu tarifa.* URL: [http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/tarifas\\_industria.asp?Tarifa=2&Anio=2016&mes=7&imprime=](http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/tarifas_industria.asp?Tarifa=2&Anio=2016&mes=7&imprime=) (Consultada en noviembre de 2016)

**CONAGUA.** (n/d). *Normales climatológicas de Culiacán, periodo: 1951-2010.* URL: <http://smn.cna.gob.mx/climatologia/Normales5110/NORMAL25015.TXT> (Consultada en febrero de 2016)

**CONAGUA.** (n/d). *Normales climatológicas de Culiacán, período 1981-2000.* URL: <http://smn.cna.gob.mx/observatorios/historica/culiacan.pdf> (Consultada en abril de 2015)

**Comisión Nacional para el Desarrollo de los pueblos Indígenas.** (n/d). *Ecotecnias.* URL: [http://www.cdi.gob.mx/index.php?option=com\\_content&task=view&id=698](http://www.cdi.gob.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=698) (Consultada en abril de 2015)

**Estación meteorológica: 764120 (MMCL).** (n/d). *Clima en Culiacán, Históricos desde 1973 hasta 2015.* URL:

[http://www.tutiempo.net/clima/Culiacan\\_Sin/764120.htm](http://www.tutiempo.net/clima/Culiacan_Sin/764120.htm) (Consultada en abril de 2015)

**FREMAP**, hospital. (2015) *Recomendaciones para la prevención de riesgos en ambientes térmicos extremos*. Tríptico informativo. Plan general de actividades preventivas de la Seguridad Social 2016. Madrid. España. URL: <http://prevencion.fremap.es/Buenas%20prcticas/ME.TRI.014.pdf> (Consultada en julio de 2015)

**Gobierno del Estado de Sinaloa**. (2014). *Firman convenio CFE y Gobierno del Estado para el subsidio a las tarifas eléctricas*. URL: <http://www.sinaloa.gob.mx/noticias/51-cgcs/boletines-2014/mayo-2014/1142-firman-convenio-cfe-y-gobierno-del-estado-para-el-subsidio-a-las-tarifas-electricas> (Consultada en noviembre de 2016)

**Hanson, R. L.**, R. W. Paulson, E. B. Chase, R. S. Roberts, D. W. Moody. (1991). *Evapotranspiration and Droughts*. U.S. Geological Survey Water-Supply Paper. Estados Unidos de América. pp. 99-104. URL: <http://geochange.er.usgs.gov/sw/changes/natural/et/> (Consultada en mayo de 2016)

**Hernández, V.** (2014). *Culiacán, “un infierno”; se registran hasta 50°C*. Línea Directa. URL: <http://www.lineadirectaportal.com/movil/publicacion.php?id=204540> (Consultada en julio de 2015)

**IMPLAN**, Instituto Municipal de Planeación, Culiacán. (2016). *Mapa interactivo de Culiacán*. URL: [http://www.implanculiacan.gob.mx/mapa\\_culiacan/mapa.phtml?config=culiacan&resetsession=Y](http://www.implanculiacan.gob.mx/mapa_culiacan/mapa.phtml?config=culiacan&resetsession=Y) (Consultado en mayo de 2016)

**Jiménez, A.** (2011). *Aire acondicionado: los cambios bruscos de temperatura ponen a prueba nuestro sistema inmune*. URL: <http://www.larazon.es/historico/6184-aire-acondicionado-los-cambios-bruscos-de-temperatura-ponen-a-prueba-nuestro->



sistema-inmune-ILLA\_RAZON\_387404#.Ttt1WCVkYLg92pp (Consultada en noviembre de 2016)

**INEGI.** (2015). *Población de Sinaloa*. URL: <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/Sin/Poblacion/default.aspx?tema=ME&e=25> (Consultada en noviembre de 2016)

**Larios Martón, J.** (2007). *Cambio Climático*. Córdoba, España. URL: <https://calentamientoglobalclima.org> (Consultada en noviembre de 2016)

**Mercado, G.** (2014). *Rompe el calor récord en Sinaloa*. Culiacán, Sinaloa. Periódico Noroeste. URL: <http://www.noroeste.com.mx/publicaciones.php?id=947716> (Consultada en septiembre de 2016)

**Mundo HVAC&R.** (2014). *Edificio M16. Climatización pasiva. Caso muestra*. URL: <https://www.mundohvacr.com.mx/mundo/2014/12/climatizacion-pasiva-caso-muestra/> (Consultada en abril de 2016)

**Nahle, N.** (2006). *Transferencia de Calor*. Biology Cabinet. URL: [http://www.biocab.org/Transferencia\\_Calor.html](http://www.biocab.org/Transferencia_Calor.html) (Consultada en julio de 2015)

**Periódico Noroeste.** (2016). *Se siente calor en Sinaloa hasta de ¡60 °C!* Culiacán, Sinaloa. URL: <http://beta.noroeste.com.mx/publicaciones/view/registra-sinaloa-temperaturas-de-hasta-44-grados-con-sensacin-trmica-de-60-1037636> (Consultada en septiembre de 2016)

**Quevedo, J.** (2014). *Registra Sinaloa la temperatura promedio más alta del país*. Fuentes Fidedignas. URL: <http://fuentesfidedignas.com.mx/portal2014/index.php/notas/19904-sinaloamaximotemp54> (Consultada en julio de 2015)

**The Engineering ToolBox.** (n/d). *Refrigerants - Environmental Properties*. URL: [http://www.engineeringtoolbox.com/refrigerants-properties-d\\_145.html](http://www.engineeringtoolbox.com/refrigerants-properties-d_145.html) (Consultado en noviembre de 2016)

**Universidad de Santiago de Compostela.** (n/d). *Estrés térmico.* URL: [https://www.usc.es/export/sites/default/gl/centros/farmacia/descargas/Documentos 2013/ESTRES\\_TERMICO\\_.pdf](https://www.usc.es/export/sites/default/gl/centros/farmacia/descargas/Documentos%202013/ESTRES_TERMICO_.pdf) (*Consultada en julio de 2015*)

**Weather-Forecast.com.** (2016). *Culiacán.* URL: <http://es.weather-forecast.com/locations/Culiacan> (*Consultado en noviembre de 2016*)

## 8 ANEXOS

### 8.1 Experimento

***“Diseño de experimento para medir cuánto disminuyen en temperatura las plantas de monte en un pasaje definido en Tlaquepaque, Jalisco”***

#### **Objetivo**

El objetivo de esta actividad es registrar personalmente la variación en temperatura y humedad relativa causada por plantas de monte, en un pasaje previamente recorrido por el autor, en Tlaquepaque, Jalisco.

#### **Hipótesis**

Al atravesar la calle “Las Flores”, desde la intersección entre la calle “Independencia” hacia la intersección con la calle “Arenal”, se tendrá una disminución térmica y aumento en la humedad relativa del espacio al tener un cambio de contexto, yendo desde una calle con ausencia casi total de plantas hacia un pasaje en donde se encuentra un área con extensión considerable y muchas plantas de monte comunes. Con esto, se intenta demostrar y medir el efecto refrigerante de las plantas, que resulta favorable hacia el *comfort térmico humano*.

#### **Variables independientes**

Se medirá con un dispositivo *datalogger* de temperatura y humedad relativa a lo largo del pasaje antes mencionado, recorriendo a pie el lugar, con el dispositivo programado para medir cada 2 segundos, mientras dure el recorrido.

### **Variables dependientes**

Una vez realizada la medición, se analizarán las medidas tomadas en una gráfica creada de la medición por el software RTH10, y se analizarán los resultados, comparando el comportamiento de la temperatura y la humedad relativa desde el inicio del trayecto hasta su final.

### **Sujetos participantes**

La medición se realizará individualmente por el autor de este trabajo, Heriberto Soberanes.

### **Mecánica**

Se caminará desde el punto A (intersección con calle Independencia), hasta el punto B (Intersección con calle Arenal), con el dispositivo *datalogger* en la mano, previamente programado para realizar una medición de temperatura y humedad relativa, con una duración de tres minutos (lo suficiente para realizar el recorrido).

### **Recuperación de información**

La información captada por el dispositivo *datalogger* será digitalizada por el software “RTH10”, y se guardará en los formatos de interpretación gráfica del software, así como en una hoja de cálculo de Excel con el registro completo en detalle.

### **Responsable de la actividad**

Heriberto Soberanes Arredondo

## Lugar y fecha

La dinámica se llevará a cabo en la calle “Las Flores”, desde la intersección entre la calle “Independencia” y la calle “Arenal”, el día 24 de noviembre de 2015 a las 22:30 hrs., en la colonia “Santa María Tequepexpan”, ubicada en Tlaquepaque, Jalisco

## Materiales a utilizar:

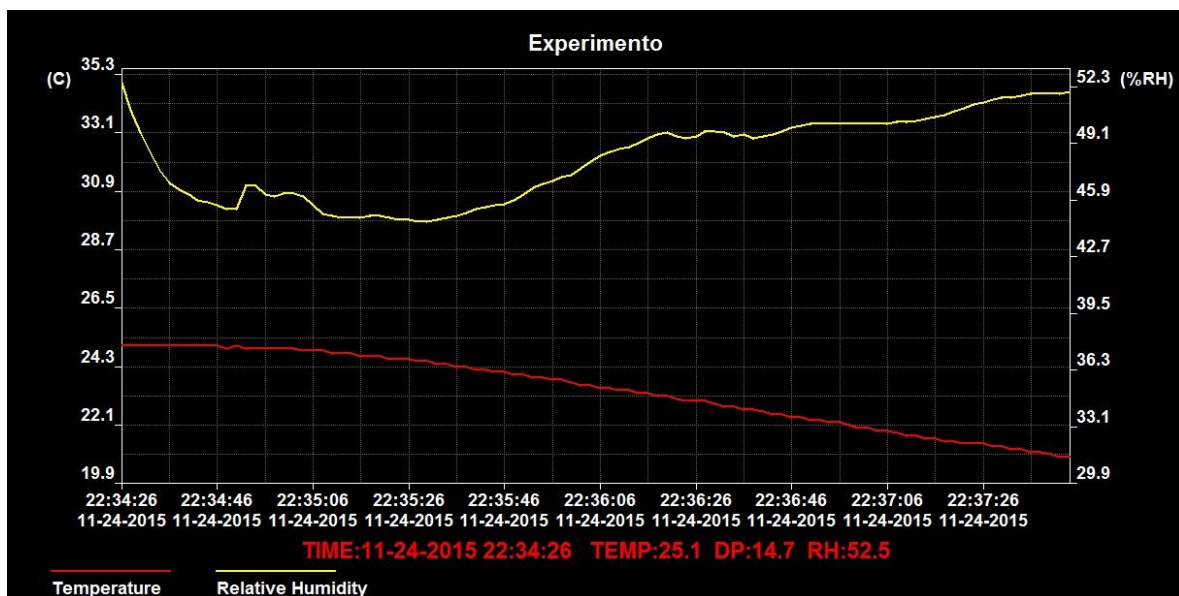
- Dispositivo *datalogger* marca ExTech modelo RTH10
- Laptop
- Software RTH10
- Software Excel

## Resultados:

El experimento demostró que las plantas por sí solas, mediante su evapotranspiración, disminuían en ese momento la temperatura en 5°C, y elevaban la humedad relativa en 8%, dejando claro que la acción de las plantas influye en gran medida en las condiciones higrotérmicas de un lugar en específico, creando un microclima en la zona donde se encuentren.



**Imagen G01:** Trayecto realizado en experimento (de izquierda a derecha). Fuente: Google Maps 2015.



**Gráfica 53.** Gráfica resultante de medición con dispositivo *datalogger*.

Fuente: elaboración propia utilizando al programa RHT10

## **Sucesos:**

**Martes 24 de noviembre de 2015**

**12:00 p.m.:**

Se programa un dispositivo *datalogger* para realizar 100 muestras, una cada 2 segundos, dando un total de 3:33 minutos, suficientes para realizar el experimento de pasar por una calle donde en un terreno baldío lleno de plantas endémicas, se tiene un microclima a medir, para analizar de primera mano qué tanto disminuyen las plantas la temperatura ambiente.

**10:15 p.m.:**

Se llega al lugar y se enciende el dispositivo *datalogger* para que comience a medir, al mismo tiempo que se graba en audio con el programa de notas de voz del celular para ir registrando las características de la vialidad por la que se camina, es decir, en algunos puntos se registra el tiempo y después se comprueba con la medición del dispositivo *datalogger* su posible cambio térmico, para así asegurarse de qué tanta influencia tienen las plantas en su zona microclimática

Una vez encendidos los dos dispositivos se recorre la ruta a pie, esta ruta se refiere a la calle Las Flores desde su intersección con calle Independencia, hasta la intersección con calle Arenal.

**11:00 p.m.:**

Se analiza la medición mediante el software RHT10, y se descubre que la medición de esta noche conforme se iba acercando al punto de influencia, se tuvo una disminución térmica de 5° C, pasando de 25.1 °C a 20.9 °C con un aumento en la humedad relativa de 44.7% a 52%.

**Miércoles 25 de noviembre de 2015:**

**8:08 p.m.:**

Se dispone a realizarse nuevamente el experimento de medición del día anterior para ver si pueden conseguirse mejores resultados este día, inicia la medición del dispositivo *datalogger* simultáneo a la grabación de la nota de voz en la que se irá describiendo cada cruce de calles, cuándo comienza el área de interés, etc. El



trayecto de toma de medidas cada dos segundos durante 3:20 minutos se da sin ningún contratiempo, pero ocurrió un problema no previsto: cuando se iba tomando la medida sobre el área de interés pasaron varios automóviles y estos hacían variar la temperatura. El concepto que se busca es cuánto las plantas disminuyen la temperatura, por lo que esto invalidó el experimento.

Una vez analizados los datos, efectivamente se distinguió un descenso térmico de 3 °C, con una línea de humedad relativa muy errática, esto a causa de los gases emitidos por los automóviles que circulaban en ese momento.

#### **9:45 p.m.:**

El dispositivo *datalogger* fue reprogramado para medir cada diez segundos, 50 tomas, por lo que el tiempo de medición fue extendido de 3:20 minutos a 8:20, permitiendo un trayecto aun mayor que favorece al contraste, esperando a que no hubiera automóviles que interfirieran con la medición se inició con el experimento y se recorrió una distancia mayor, abarcando desde Centro Sur, hasta llegar a periférico, todo el trayecto por la calle Las Flores (donde se encuentra el área de interés), el trayecto resultó exitoso, sin automóviles, pero la noche hoy tuvo un clima que no permite mucho contraste térmico, es decir, un clima parcialmente frío, esto posiblemente a la cantidad de nubosidad debido al huracán “Sandra” que se encuentra relativamente cerca a Guadalajara y la cercanía a diciembre y a invierno.

#### **10:00 p.m.:**

Efectivamente, al analizar los datos proporcionados del dispositivo *datalogger* se nota un descenso en el área de estudio, pero este no es como se esperaba, es decir, se tiene un descenso de un grado de diferencia en la gráfica, y este se percibe en el centro de la misma, precisamente donde se encuentra el área de estudio en el trayecto recorrido.

## 8.2 Observación directa

### Diseño metodológico para “*Observación directa al desempeño térmico de sistema de manejo micro-climático en vivienda de Culiacán*”

#### Objetivo

El objetivo de esta observación es registrar el desempeño térmico del proyecto aplicado en una vivienda de Culiacán que será monitoreada a lo largo de un año, en donde se contarán con distintas etapas de integración de estrategia para realizar un sistema que contribuya al *confort térmico* de los huéspedes mediante el uso de plantas y estrategia arquitectónica integral.

#### Metodología

Las observaciones se llevarán a cabo en 3 fases: en la primera fase se monitoreará temperatura y humedad relativa, describiendo el comportamiento térmico del inmueble en estado original, siempre con una medición interior y exterior en la vivienda; la segunda fase se refiere al monitoreo cuando se tenga la inclusión de plantas tentativamente endémicas que contribuyan a la generación microclimática que disminuye la temperatura ambiente mediante evapotranspiración; finalmente, la tercera fase se refiere al monitoreo cuando el sistema se implemente, donde este microclima generado sea conducido hacia el interior de la casa mediante una estrategia de arquitectura integral, destacando la acción de una chimenea solar como principal extractor de aire caliente, permitiendo que el microclima generado se conduzca hacia el interior de la vivienda.

#### Lugar y fechas

La observación directa se llevará a cabo a partir del 17 de julio de 2015, hasta el término del verano de 2016, en la vivienda ubicada en la calle Aristóteles #1445 de la colonia Universitarios en Culiacán, Sinaloa.

## **Focos de atención**

Para esta observación se tienen tres Focos de atención:

### 1) Aspectos arquitectónicos,

- 1.1. Orientación del inmueble
- 1.2. Patio de casa
- 1.3. Bardeado
- 1.4. Características físicas del primer nivel de la vivienda
- 1.5. Tipos de suelo
- 1.6. Ventilación
- 1.7. Porcentajes de sombra
- 1.8. Área de planta baja
- 1.9. Iluminación solar

### 2) Informaciones climatológicas,

- 2.1. Temperaturas exteriores
- 2.2. Temperaturas interiores
- 2.3. Humedad Relativa

### 3) Datos botánicos,

- 3.1. Porcentaje de biomasa
- 3.2. Características físicas de biomasa
- 3.3. Ubicación de biomasa

**Los observables serán:**

**1. Foco Arquitectónico**

- 1.1. Orientación del inmueble
- 1.2. Metros cuadrados de patio de casa
- 1.3. Altura de bardeado
- 1.4. Metros cúbicos de primer piso de vivienda
- 1.5. Tipo de suelo en patio
- 1.6. Ventilación
- 1.7. Porcentaje de sombra en patio
- 1.8. Metros cuadrados en planta baja
- 1.9. Iluminación solar directa/indirecta

**2. Foco térmico**

- 2.1. Temperatura en patio en hora crítica
- 2.2. Temperatura en interior de vivienda (planta baja)
- 2.3. Porcentaje de humedad relativa

**3. Foco botánico**

- 3.1. Porcentaje aproximado de plantas (m<sup>2</sup> de patio)
- 3.2. Características físicas de jardín
- 3.3. Existencia de jardines verticales

**Instrumentos a utilizar**

- 5 dispositivos eléctricos: 2 termo-higrómetros marca “GB” modelo “Thermo-Hygro”; 3 dispositivos *datalogger* marca “ExTech”, modelo “RTH10”. Utilizados para el registro de datos de temperatura y humedad relativa.
- Cámara fotográfica digital
- Laptop
- Software “RTH10”

## **Ubicación del inmueble**

- Aristóteles #1445 Col. Universitarios, Culiacán, Sinaloa.

## **Personal**

- Responsable de la actividad:
  - Heriberto Soberanes Arredondo
- Ayudantes:
  - Isela Gpe. Arredondo Romero (huésped de la casa)
  - Heriberto Soberanes Lugo (huésped de la casa)
  - Christian Santiago Soberanes Arredondo (huésped de la casa)

### 8.3 Lluvia de ideas

***“Lluvia de ideas sobre inventiva para llevar el microclima generado por plantas en el exterior de una vivienda hacia el interior de la misma por medio de distintas estrategias aplicables.”***

#### **Objetivo**

El objetivo de esta actividad es documentar ideas acerca del manejo micro-climático vegetal para viviendas de Culiacán, provenientes de distintas personas involucradas en el proyecto, buscando favorecer el intercambio térmico externo de la vivienda en donde se aplicará el Sistema Experimental de Acondicionamiento Térmico Mediante Manejo Microclimático para Vivienda de Culiacán, ya sea por medio de fenómenos estratégicos pasivos, sistemas activos complementarios al proyecto, o bien, cualquier otra posible idea que la dinámica propicie.

#### **Sujetos participantes**

Para la aplicación de esta técnica participativa se contará con tres personas que compartan sus ideas para resolver la problemática ya señalada.

- (1) Arquitecto
- (1) Ingeniero civil
- (1) Experto en botánica
- (1) Científico inventor

## Mecánica<sup>19</sup>

La actividad será realizada en dos etapas, con el itinerario siguiente.

### Etapas

#### Etapas

- Se solicitará la presencia de las personas que se muestren interesadas en realizar dicha actividad, el día de la actividad se realizará con el itinerario siguiente:

**13:00-13:10** Bienvenida y explicación del objetivo general de la actividad.

**13:10-13:11** Se brindará el material necesario a cada participante para su efectiva realización (Hojas blancas de papel, lapiceros, plumas, plumones, gomas para borrar, etc.)

**13:11-13:21** Aportación de ideas

**13:21-13:25** Toma de opiniones y se exponen a la vista en una pizarra de corcho y se organizan por grupos.

**13:25-13:45** Debate crítico sobre las diversas metodologías, llevado a cabo por el titular de la actividad como moderador. (Este debate será grabado en audio)

**13:45-13:50** Se agradece a los participantes y se les despide amablemente

#### Etapas

- Finalizada la sesión, se elabora un resumen final de todas las ideas recolectadas y el respectivo informe de la actividad realizada.

## Recuperación de información

En esta fase, se recuperarán las ideas plasmadas en las hojas blancas de papel de los participantes, así como de la reproducción del audio grabado en el debate de la actividad, y serán pasadas a un formato previamente establecido.

---

<sup>19</sup> Se considera importante mencionar que, aunque esta es una técnica de lluvia de ideas, no será una actividad rápida, pues precisa intelecto e inventiva, además de intentar plasmar gráficamente lo que se idea.



### **Responsable de la actividad**

Heriberto Soberanes Arredondo, estudiante de la maestría en Proyectos y Edificación Sustentables, en el ITESO.

### **Lugar y fecha**

La dinámica se llevará a cabo en la sala de la casa en donde el proyecto será implementado (Dirección: Aristóteles #1445 Col. Universitarios, Culiacán, Sinaloa), el día 11 de julio de 2016.

### **Materiales a utilizar:**

- 1 6 Hojas blancas de papel
- 2 6 Plumas
- 3 6 Lápices
- 4 6 Gomas de borrar
- 5 1 Pizarra de corcho
- 6 10 Tachuelas
- 7 1 Plumón para pizarra
- 8 1 Reloj
- 9 1 Celular con opción de notas de voz

## 8.4 Entrevista (Diseño y transcripciones)

### ***“Entrevistas semi-estructuradas sobre el desempeño térmico de viviendas en Culiacán”***

#### **Objetivo**

El objetivo de esta actividad es conocer los puntos de vista que se tienen con respecto a este proyecto, indagando en las opiniones de expertos en botánica que proporcionan información útil en la efectiva implementación y manutención del proyecto, así como recibir información de primera fuente de las personas que habitan la casa que tendrá el sistema implementado, con respecto a los aspectos cualitativos de este proyecto. Además, se tendrá también consideración con personas relacionadas en el campo de la arquitectura y el bioclimatismo.

#### **8.4.1 Diseño de entrevista no.1 - Dirigida a persona experta en botánica**

*(Se saluda a la persona entrevistada con una actitud amistosa, y se le anuncia que la entrevista va a comenzar. Seguidamente se enciende la grabadora y se procede con la entrevista).*

**Tema: Opinión y recomendaciones de un experto en botánica sobre proyecto “Sistema Experimental de Acondicionamiento Térmico Mediante Manejo Microclimático para Vivienda de Culiacán”**

##### 1.1. Subtema: Tipos de vegetación

- 1.1.1. Plantas con facilidad de generación micro-climática.
- 1.1.2. Plantas endémicas con facilidad de generación micro-climática.
- 1.1.3. Plantas no endémicas con facilidad de generación micro-climática aplicables a la región de Culiacán, Sinaloa.

1.1.4. Características físicas de plantas con facilidad de generación micro-climática.

1.1.5. Eficiencia de plantas

Frases útiles para el manejo de conversación.

- En su experiencia, coménteme qué plantas son las que emanan mayor frescura a la temperatura ambiente.
- Platíqueme si usted conoce plantas originarias de la región que produzcan este efecto comentado.
- De las que no son originarias, dígame en su opinión cuáles son las más efectivas en este aspecto y que puedan ser aplicadas a Culiacán.
- A su consideración platíqueme las precauciones que se deben tomar al aplicar este tipo de plantas.

1.2. Subtema: Sistemas de riego.

Frases útiles para el manejo de conversación.

1.2.1. En su opinión, comente el sistema de riego más efectivo que se pueda conseguir para implementar este proyecto.

1.2.2. Platíqueme sobre los sistemas de riego más ahorrativo que pudiera resultar provechable en este proyecto.

1.3. Subtema: Mantenimiento y cuidados

Frases útiles para el manejo de conversación.

- Platíqueme sobre los cuidados que se necesitan para el mantenimiento de este tipo de plantas.

1.4. Subtema: Proyecto

1.4.1 Manejo micro-climático

1.4.2 Posibles pesticidas o insecticidas a utilizar.

1.4.3 Posibles fertilizantes a utilizar.

#### 1.4.4 Posibles tipos de abono a las plantas.

#### 1.4.5 Exaltación micro-climática en el sistema en funcionamiento.

#### Frases útiles para el manejo de conversación.

- Platique, en su conocimiento, sobre qué medidas deberían tomarse para que el microclima generado pueda mantenerse dentro de los espacios habitables y posteriormente manejarlo o redirigirlo del patio al interior de la vivienda.
- Es natural que, en espacios de mucha vegetación, se tengan muchas formas de vida como insectos, gusanos, etc. ¿recomendaría usted el uso de pesticidas dentro de este proyecto?, ¿cuáles y por qué?
- En su opinión, mencione si serían necesarios fertilizantes para las plantas y mencione los que usted sugeriría.
- En cuestiones de abono para las plantas, mencione sus recomendaciones para llevar a cabo este proceso de abonarlas.
- En su opinión ¿cómo podría exaltarse el efecto refrescante de las plantas? es decir, si se riegan de distintas maneras podrían quizá ser más eficientes o no, o quizá con alguna otra metodología. ¿Cuál es su opinión respecto a este tema?
- ¿Qué impacto ambiental producen los fertilizantes y pesticidas que aquí se pudieran utilizar?

*(Se agradece a la persona entrevistada, se le notifica que la entrevista ha terminado y se apaga la grabadora. A continuación, en trabajo personal en donde el sujeto no esté presente, se hacen anotaciones sobre conductas tomadas por el sujeto y sus posibles interpretaciones.)*

#### **8.4.2 Diseño de entrevista no.2 - Dirigida a persona huésped de la vivienda tratada bioclimáticamente**

*(Se saluda a la persona entrevistada con una actitud amistosa, y se le anuncia que la entrevista va a comenzar. Seguidamente se enciende la grabadora y se procede con la entrevista).*

**Tema: Entrevista a la persona huésped sobre el proyecto “Sistema Experimental de Acondicionamiento Térmico Mediante Manejo Microclimático para Vivienda de Culiacán”**

##### **1.1 Subtema: experiencia con y sin sistema**

###### **1.1.1 Experiencia anterior al sistema**

###### **1.1.2 Experiencia posterior al sistema**

###### **1.1.3 Cambios más notorios**

###### **Frases útiles para el manejo de conversación.**

- Hola, espero esté muy bien, esta entrevista es con fines informativos y su opinión es muy importante, pues, da fe sobre el estado que otorga la implementación de este sistema en su casa, y sobre los posibles aspectos a mejorar.
- Por favor comente los años que ha vivido en esta casa y su estrategia en los veranos con respecto a sentirse con mayor confort
- Platíqueme sobre los cambios que ha notado desde que el sistema se implementó en su casa.
- Dígame si usted ha notado cambios drásticos de temperatura desde que el sistema fue instalado.

##### **1.2 Subtema: Sobre el sistema**

###### **1.2.1 Beneficios**

###### **1.2.2 Desventajas**

### 1.2.3 Mantenimiento

### 1.2.4 Costo

#### 1.2.4.1 Cuestión hídrica

##### Frases útiles para el manejo de conversación.

- Platíqueme sobre los beneficios que ha tenido con el sistema.
- Coménteme sobre las desventajas que usted nota en este sistema.
- Cuénteme sobre el mantenimiento que este sistema necesita comparado con la situación anterior, cuando no estaba instalado.
- ¿Ha tenido algún problema o alguna molestia con respecto a lo que concierne este proyecto? coménteme cuál o cuáles.
- Platíqueme cuánto dinero calcula usted que ha ahorrado en electricidad gracias a este sistema.
- Por favor comente sobre el aumento en el gasto de agua mensual que se ha tenido desde que el sistema fue implementado.

### 2.3. Subtema: Postura personal

#### 2.3.1. Aspectos de agrado del huésped

#### 2.3.2. Aspectos de desagrado del huésped

#### 2.3.3. Postura personal respecto a la aplicación de ecotecnias

##### Frases útiles para el manejo de conversación.

- Platíqueme por favor si este proyecto ha sido de su agrado y cuáles son las cosas que le han parecido agradables, en caso de haberlas.
- ¿Hay algo que no le haya gustado mucho sobre este proyecto? Platíquenos por favor.
- Exprese su opinión acerca de llevar a cabo un proyecto que es amigable con el medio ambiente.

*(Se agradece a la persona entrevistada, se le notifica que la entrevista ha terminado y se apaga la grabadora. A continuación, en trabajo personal en donde el sujeto no esté presente, se hacen anotaciones sobre conductas tomadas por el sujeto y sus posibles interpretaciones.)*

#### **8.4.3 Diseño de entrevista no.3 - Dirigida a persona relacionada al campo arquitectónico bioclimático**

*(Se saluda a la persona entrevistada con una actitud amistosa, y se le anuncia que la entrevista va a comenzar. Seguidamente se enciende la grabadora y se procede con la entrevista).*

**Tema: Opinión y recomendaciones de una persona relacionada al campo de la arquitectura y el bioclimatismo sobre proyecto “Sistema Experimental de Acondicionamiento Térmico Mediante Manejo Microclimático para Vivienda de Culiacán”**

##### **1.3- Subtema: Factores arquitectónicos a considerar**

- 1.3.1 Ventilación
- 1.3.2 Iluminación solar y radiación
- 1.3.3 Orientación del inmueble
- 1.3.4 Tipo de suelo
- 1.3.5 Generación de sombras
- 1.3.6 Estrategias arquitectónicas para bioclimatismo

##### **Frases útiles para el manejo de conversación.**

- En su experiencia, dígame qué tipo de ventilación se debe considerar o es preferente, para que un sistema como este funcione aquí en Culiacán.



- Platíqueme su opinión acerca de la iluminación solar que se necesitaría para que las plantas estén saludables.
- El inmueble tiene orientación norte a sur, ¿qué consideraciones recomendaría usted acerca de esta orientación para el óptimo funcionamiento del sistema?
- En su experiencia, comente qué tipos de materiales para piso son los menos calientes al momento de estar expuestos al sol y por qué.
- ¿Qué estrategias arquitectónicas recomendaría usted para favorecer la reducción térmica de esta vivienda?

#### 1.4 Subtema: Plantas

##### 1.4.1 Ubicación de las plantas

##### 1.4.2 Tipos de plantas

##### 1.4.3 Cuidados a considerar

##### Frases útiles para el manejo de conversación.

- Por favor comente la ubicación que usted recomienda para que las plantas sean ubicadas y por qué.
- Platíqueme sobre el tipo de plantas que usted recomendaría implementar para que este sistema logre mayor efectividad.
- En su experiencia, ¿cuáles son los cuidados que se deben considerar?

#### 1.5 Subtema: Manejo de microclima

##### 1.5.1 Estrategia para el manejo de microclima

##### 1.5.2 Estrategia para la extracción de aire caliente o viciado

##### 1.5.3 Consideraciones

##### Frases útiles para el manejo de conversación.

- En este tipo de proyectos, debe haber bastantes consideraciones para el manejo del microclima, por favor coménteme cuáles recomienda usted y por qué.

## 1.6 Subtema: Exponenciación del proyecto

### 1.6.1 Potencial del proyecto

### 1.6.2 Factibilidad de realización

### 1.6.3 Diversos usos potenciales

#### Frases útiles para el manejo de conversación.

- Mencióneme, por favor, qué potencial ve usted en este proyecto y por qué.
- Según su experiencia en este campo, platíqueme sobre la factibilidad de que este sistema se realice con éxito.
- En su perspectiva, ¿qué tipo de usos potenciales cree usted que este proyecto pudiera tener en un futuro?
- Le agradezco mucho que se haya tomado la molestia de atender esta entrevista.

*(Se agradece a la persona entrevistada, se le notifica que la entrevista ha terminado y se apaga la grabadora. A continuación, en trabajo personal en donde el sujeto no esté presente, se hacen anotaciones sobre conductas tomadas por el sujeto y sus posibles interpretaciones.)*

Este diseño metodológico será aplicado durante el verano de 2016, en la ciudad de Culiacán, Sinaloa por Heriberto Soberanes Arredondo mediante grabación auditiva con la aplicación “Notas de voz” de un teléfono celular, con la intención de recuperar más información cualitativa que refuerce las bases de este proyecto, conociendo las opiniones y puntos de vista que pudieran favorecer al proyecto, de parte de personas involucradas, realizando las entrevistas correspondientes dentro de los campos laborales de las personas a entrevistar.

#### 8.4.4 – Transcripción de entrevista al Dr. Francisco Álvarez Partida

“Sistema Experimental de Acondicionamiento Térmico Mediante Manejo Microclimático para Vivienda en Culiacán”

Heriberto Soberanes Arredondo  
ITESO  
10 de noviembre de 2015

#### ENTREVISTA TIPO 3

##### Datos del entrevistado

Nombre: Mtro. Francisco Álvarez Partida

Ocupación: Profesor en el departamento de Hábitat y Desarrollo Humano del ITESO, especializado en bioclimatismo arquitectónico y software aplicado a esta modalidad.

##### Datos de la entrevista

Fecha de realización: lunes 10 de noviembre de 2015.

Lugar: Área para fumar de edificio Q4 en el ITESO, Tlaquepaque, Jalisco.

Hora de inicio/fin: 1:10 pm / 1:42 pm

##### Datos del entrevistador

Nombre: Heriberto Soberanes Arredondo

Rol o cargo: maestrando en Proyectos y Edificación Sustentables, en el ITESO.

##### Transcripción:

(HS: Heriberto Soberanes y FA: Francisco Álvarez)

HS: Bueno, aquí el tema va a ser su opinión y recomendaciones

FA: (afirma)

HS: en el campo de la arquitectura y el bioclimatismo, yo me di cuenta que usted cuando nos dio clase estaba muy metido en eso, muy informado. Eh, y mi proyecto se llama

“Sistema de Acondicionamiento Térmico Mediante Manejo Microclimático Vegetal, o Mediante Manejo Microclimático -creo que se acaba de modificar- para Vivienda de Culiacán” ¿no?, eh, lo primero, eh, son los factores arquitectónicos que se deberían de considerar y en su experiencia, por ejemplo, ¿cuáles podrían ser algunos factores? La orientación de la casa que tenemos es de norte a sur, es más o menos de 150 metros cuadrados, y, es de dos plantas, la estrategia se quiere implementar solamente en la primera planta.

FA: va

HS: sí, para que sea un proyecto como de, bueno, a pequeña escala primero y ya veremos si al funcionar ya se puede

FA: (afirma)

HS: desarrollar.

FA: m, bueno, este, de las posibles estrategias, ya, por ser una casa que ya esté construida ya orientación y ubicación y distribución de los espacios interiores y de los baños y de las ventanas ya lo, ya lo tienes, entonces hay que trabajar a partir de eso, entonces, te quedan como posibles, este, protección y captación solar, manejo de la ventilación, eh y otras estrategias, incluyendo esta que quieres de la vegetación.

HS: (afirma)

FA: Habría que hacer entonces un análisis bioclimático para ver cuáles son las condiciones que tiene la casa, eh, habría que ver esta estrategia en particular para qué épocas o para qué período del año sería factible que lograra el confort, porque a lo mejor, este, en el verano, en la época más fuerte del verano a lo mejor no... m, no va a ser suficiente si necesitas un equipo de aire acondicionado, o alguna cosa, entonces, de lo que se trata es de evitar el equipo al, al máximo posible, pero, a lo mejor no es, no va a ser viable evitarlo, entonces lo que sí puedes hacer es contribuir a evitarlo, lo menos posible. Entonces, con este análisis bioclimático pues hay que hacer primero un estudio de clima, de todos los parámetros climáticos que intervienen en el *confort higrotérmico*, asoleamientos, ventilación, este, vientos, humedad, sobre todo esta humedad que la, que dices que es muy fuerte ¿también?

HS: Sí

FA: sí he estado por allá

HS: ah ok

FA: Sí conozco.

(Interrumpe el diálogo una persona externa)

FA: Em, y después habría que hacer como un modelado de, de la vivienda, con vegetación y sin vegetación.

HS: (afirma)

FA: Entonces, hay que ver qué software es posible que te haga este modelado, no... no estoy seguro de que haya alguno (ríe con pena), al menos ahorita no lo ubico, pero en todo es una de las cosas que tienes que hacer: buscar si hay algún software que te pueda modelar la vegetación adentro de un espacio para mejorar el *confort*. Como, como estrategia está bien, es, es, es coherente, es congruente, lograr un patio de ingreso de aire con una ventilación tratada, puede ser un patio pergolado con plantas, fuentes, este, piso claro, y que venga, que capte el aire por donde viene con la dirección predominante de los vientos, que lo meta a esta parte de la casa y luego por otro lado tendrías que tener otro patio, -así es como me imaginé tu ejercicio- (ríe con pena).

HS: (afirma)

FA: Otro patio de salida que estuviera mandando... este patio va ser lo contrario del otro, el otro es muy fresco y éste otro patio va a ser un patio muy seco.

HS: ok

FA: con piso de color negro, con nada de agua, que le dé el sol lo más posible, para que esté enviando aire caliente a la parte de arriba y eso haga que jale el aire del interior del espacio

HS: (afirma)

FA: entonces te traes aire tratado del otro patio y lo sacas por medio de este otro.

HS: ¿este otro patio podría ser una chimenea solar o algo así?

FA: podría ser una chimenea solar también, exactamente.

HS: em, eh, en, ¿cómo puedo yo calcular los vientos predominantes?

FA: Haz análisis de condiciones climáticas, la, vas a tener que buscar los datos de una estación meteorológica, ya sea, este, del sistema mexicano, este, hay una red de, eh, estaciones meteorológicas y publican los datos normalizados por internet, entonces tú ahí los puedes conseguir, si no está eso, hay mucho medios para, tenemos disponible aquí en el ITESO un “programita”, un software se llama “Meteonorm” y ese te da también, tú le dices dónde está tu localidad y te calcula... muchos de los parámetros, me parece que el viento es uno de ellos y con él puedes hacer tus cálculos, si no pues, este, nos buscamos, en algún aeropuerto o con algún académico.

HS: ok

FA: Eso, esto, ya cuando llegues a esta parte me dices, y si no has conseguido, yo te ayudo con mucho gusto a conseguirlo.

HS: perfecto.

FA: sería, este, necesitarías no nomás de vientos, o sea, sí son, son un buen de datos y hay que hacer el análisis.

HS: ¿sí?, ¿Cómo cuáles otros datos?

FA: Asoleamiento, este, calor, temperatura, este.

HS: Ahorita se están haciendo unas mediciones con unos dispositivos *datalogger*

FA: Sí

HS: que están midiendo, eh, temperatura y humedad relativa

FA: (afirma)

HS: en el patio externo y en el interior de la vivienda, para que en el momento en que se aplique la estrategia se puedan monitorear los dos cambios ¿no?, o sea,

FA: Sí

HS: cuál es el cambio en el patio y cuál es el cambio en la vivienda.

FA: Pero, lo que, lo que necesitas hacer, lo que estás haciendo es un análisis como un videoclip, de una o dos semanas de una época específica de, del año, mmm... (calcula) ya estamos en otoño ahorita

HS: (afirma)

FA: ...y lo que además de eso que sí te va a servir, este, pero necesitarías hacerlo comparable, o sea, que volvieras a tomar las medidas en la misma época del año, por ejemplo, y que el año se haya comportado, este, similar al anterior, eh, con y sin lo que tú propones

HS: así es

FA: y de la otra, otro, otro para justificar lo que estás haciendo es un análisis del clima, el clima es un promedio de cada uno de los parámetros por muchos años, son treinta años, por ejemplo, por decirte algo, entonces, este, con eso, tú puedes hacer una simulación, que sería la otra manera de, de, de corroborar lo que estás haciendo, y la otra es, como lo vas a hacer en un proyecto real, también ahí, con eso tienes varias opciones.

HS: Ok, voy a poner "pause" (se hace una breve pausa para explicar pormenores del proyecto que servirán para acotar el enfoque de la entrevista). Eh, en esto de la plancha de concreto, eh, ¿usted considera que puede ser de utilidad cambiar el material del piso en el patio?

FA: (piensa) m... no, puedes meter una malla sombra, un sistema de pergolado, carrizo, no sé si haya ahí algún otate que se pueda poner en el techo si no quieres algo muy sólido, este, y, eh, con la vegetación que metas ya con esto estás haciendo un microclima ahí adentro.

HS: ¿y cómo podríamos, eh, ver qué tanto ayudan las plantas por sí solas a la disminución térmica?

FA: (sonríe) ah, esa es la parte... (ríe por la complejidad del tema)

HS: si se está poniendo, además barreras ¿no?, como malla sombra... ¿usted qué propondría en ese caso?, porque sí se busca, eh, ver qué tanto ayudan las plantas, qué tanto es la disminución térmica que ellas producen,

FA: (afirma)



HS: separado de sombras, no sé si de ventilación.

FA: mm... sí está más complicado porque... necesitas inducir de alguna manera la ventilación hacia adentro... ¿qué otra limitante? (hace una pausa de 8 segundos) no sé si quisieras aumentar, en lugar de las puras plantas a patios frescos, o sea, aumentar, no nada más de las puras plantas, sino que midas efectos de patios frescos, que son sistemas que son sistemas que son muy artesanales, o sea, no sería, muy, dependería del proyecto, del espacio disponible, no son... no son tampoco, así como replicables.

HS: estos patios frescos, ¿a qué se refiere?

FA: mm... habría que ver...

HS: bueno, en su experiencia ¿podría comentar qué tipos de materiales en piso son los menos calientes a la hora de estar expuestos al sol?

FA: los colores claros, cualquier material que tenga color, un albedo positivo, que tenga, ser un color frío o blanco, que te refleje el rayo del sol antes de que cambie de longitud de onda, que es la que te genera el calor ya en el medio ambiente...

HS: ok

FA: ...que es lo que estamos buscando, por eso que sean concretos no importa, malo que fuera asfalto, pues. (Ríe)

HS: sí, ok. ¿Qué estrategias arquitectónicas recomendaría usted para favorecer la reducción térmica de esta vivienda?

FA: no, ahí si hay, ahí hay muchas, ahí hay, hay que ver, puedes consultar por ejemplo el código de edificación de la vivienda, en el capítulo de sustentabilidad, me parece que es el veintise... (calcula), el veintiséis, el capítulo siete, y ves, buscas el, el tipo de clima para ¿Culiacán?

HS: (afirma)

FA: ...y entonces ahí te va a hacer una serie de recomendaciones, desde, como, como tienes que hacer la parte urbana y luego ya se mete a la parte de, de la vivienda individual, qué tipo de protecciones, cómo organizar los espacios, las alturas. Hay algunos datos que no son, que pueden presentarse con error, pero entonces, por eso viene eh, también el

análisis bioclimático. En el análisis bioclimático te, eh las, lo que utilices: este, triángulo de Evans, tablas de Mahoney, todos te van a decir alguna estrategia que te convenga utilizar, entonces hay que combinarlas, ver cuáles son las que más se repiten, ver cuáles son las que están, uno dice una cosa y otro dice otra, y entonces, los, lo, este, pues ahí de acuerdo a tu experiencia, que tú eres el conoce bien el clima, le haces más caso a una o le haces más caso a otra, a la gente, a tus papás por ejemplo que son los que van a estar viviendo ahí ¿no?, y entonces al final de esas, vas a tener varias, una de esas va a ser probablemente la de la vegetación o ahí se va a ver descartada, y entonces tendrías que cambiar de tema (lo dice muy apenado y riendo) y este, tú ya se lo aplicas a tu casa.

HS: muy bien, ahora vamos al subtema de plantas, eh, por favor comente la ubicación que usted recomendaría para que las plantas, eh, fueran ubicadas y por qué, y en su experiencia qué tipo de ubicación de plantas le han favorecido en ese tipo de aspectos.

FA: Mm... aquí está, pues es, lo que te está recomendando la del... el, la ¿bióloga? es que sean plantas endémicas, que sean plantas... si no hay mucha agua pues que no requieran mucha agua estas plantas xerófitas, este, lo más cerca de la zona de ingreso del aire hacia el interior, que es la parte donde se van a, donde se va a refrescar el aire. Este...

HS: ¿lo más cercano a los accesos?

FA: A los accesos (afirma) y buscar que las corrientes de aire pasen por estas plantas, entonces, forzar, puede ser que con algún otro elemento o con la misma vegetación fuerce la circulación del viento a través de ellas antes de meterse a la, en la casa.

HS: ok

FA: Eh, ¿dónde? Este, puedes aprovechar la dirección predominante de los vientos para por ahí colocarlas, puedes modificar un poco la dirección de los vientos con algunas, este con algunas plantas o con algunos objetos contruidos. Y este... pues sí, la combinación que mencionas de pozo canadiense para sacar el aire, de chimenea de ventilación es una buena idea para sacar el aire caliente.

HS: ¿cómo se puede manejar los vientos?, eh, ¿cómo se pueden conducir mediante plantas?

FA: Por ejemplo: si tú tienes una dirección de vientos predominantes que es paralelo a la fachada donde tienes las plantas, puedes meter, este, plantas perpendiculares a esta

dirección de los vientos para forzar que el viento se desvíe. O los puedes meter en diagonal para meter el viento en diagonal, también, a veces e mejor meterlo en diagonal que en recto. Sería interesante (ríe un poco) que pudieras ir a lo mejor a la Ibero en México, hicieras una prueba con un túnel de viento que tienen ahí, no es un túnel de viento certificado, pero te puede dar la idea de cómo están funcionando los vientos en tu proyecto, haces tus, tu estado actual, puedes hacer una maqueta con tus modificaciones, luego la metes al túnel y observas cómo se va a conducir el viento.

HS: ok, bueno, en Culiacán hay un problema que no estoy seguro si sea muy fuerte ese problema, pero, el asunto es, es que Culiacán está rodeado de montañas, entonces...

FA: no hay mucha velocidad (anticipa)

HS: ...al parecer los vientos pasan por encima de la ciudad, y la ciudad se siente siempre muy sofocada. Entonces si no se tuvieran vientos predominantes, em... ¿qué se tendría que hacer?

FA: Es que este sistema

HS: si no hubiera mucha... velocidad ahí

FA: Sí, tú, uno, unos son vientos que son movimientos que son horizontales del aire y otras son corrientes de aire, que son movimientos verticales, entonces en el momento de plantear la chimenea, tú estás forzando que haya un movimiento del aire por medio de diferencias de presión, o sea, vas a calentar aire por un lado para que salga y lo vas a enfriar por otro lado para que se meta a la casa.

HS: (afirma)

FA: Entonces eso está bien, aunque no haya vientos en la ciudad, el estar creando esos desequilibrios: zonas en donde se va a calentar mucho la casa y zonas en donde se va a enfriar. Estás provocando que se haya, que haya esa circulación de aire, eso está bien.

HS: Ah O.K., bueno y con respecto a las plantas ¿en su experiencia, ¿cuáles son los cuidados que se deberían de considerar con ellas?

FA: Mm... depende de la gente, pero en mi casi, las que menos mantenimiento demande, o menos riego demande, de todo: de riego, de abonado, de arreglado de la tierra, de estar limpiándolas,

HS: ok

FA: ...este, prácticamente que estén ahí solas. Y otra cosa que tienes que considerar es que estas plantas están hechas de manera natural para no... ¿emitir?, para no perder mucha humedad, entonces, las, todas estas: las cactáceas, las suculentas, todas estas plantas que no, así, así las hizo la naturaleza, para, como hay poquita agua, no perder la poca que tiene, entonces a lo mejor también tendrías que buscar la ayuda de un biólogo o de alguna persona que te diga cuánta es la humedad que puedes separar, (corrige) esperar de ese tipo de plantas.

HS: En este tipo de proyectos debe de haber bastantes consideraciones para el manejo del microclima, por favor coménteme cuáles recomienda usted y por qué.

FA: por ejemplo, que... pues esto que mencionas: que la ciudad está entre montañas, o puede ser que la casa esté en una zona ya con alta densidad de edificación, entonces todavía además de la obstrucción (ríe un poco) natural vas a tener obstrucciones físicas, o que la casa estuviera en alguna depresión o por lo contrario en alguna parte muy alta, o que hubiera algunos elementos naturales que bloquearan el paso del sol, o, por lo contrario: algunos que favorecieran algún aspecto. Todas esas cosas le dan la caracterización específica al microclima ya, en este caso de la casa, habría que considerarlas.

HS: muy bien, eh, mézclame por favor, qué potencial ve usted en este proyecto y por qué. Digo, si lo ve. (ríe con pena)

FA: (ríe)no, sí, bueno, yo sí lo ampliaría al patio de ventilación, por esa cuestión de que sería difícil medir... (se queda pensando mientras ve lejos) ah, en un espacio más abierto, cómo es que el aire se está, cuánto se está refrescando el aire y cómo se está metiendo a las casas... podría ser, pero, este, veo difícil medir algunos aspectos de los que estás planteando, pues.

HS: ok (hace una pausa)

FA: hay software de ventilación, entonces puede ser que lo utilices en lugar de, del túnel de viendo... ah... (se queda pensando) pero pudiera ser. Otro de los(sic) formas en que puedes usar la vegetación es a través de techos verdes, entonces así...

HS: (afirma)

FA: eh, porque ahí se me haría más fácil tomar medidas, pues, porque tienes un espesor, techos o muros, este, tienes, tienes un espesor, tienes elementos aislantes y son más fáciles de medir temperaturas interiores y cambios de temperaturas con un techo verde o un muro verde pues es más factible que medir en cuánto influyó la evaporación de esta planta. (se le pierde la mirada pensando) No, desconozco esa parte, a lo mejor sí hay, pero no, no sé, ahorita se me dificultaría, pero lo podrías consultar con algún biólogo.

HS: bien, y según su experiencia en este campo, eh ¿podría platicarme sobre la factibilidad de que este sistema se realice con éxito?

FA: (hace una larga pausa, pensando) mm... pues sí (lo dice con poco ánimo) para cálidos-húmedos existe este, el sistema del patio, este... (hace otra pausa) ...y este manejo, sí, este... tiene sus dificultades, pero, creo que sí podría aportar algo, alguna... ¿además de este Jardín Botánico, tú conoces algún otro, alguna otra cosa similar, así?

HS: ¿un organismo?

FA: no, allá en Sinaloa, en Sinaloa algo que hayan hecho para adaptar climáticamente alguna construcción de este medio o, de qué, ¿de dónde surgió la idea del, de, as, de mejorar el clima de una casa con un jardín botánico?

HS: eh, bueno, el Jardín Botánico solamente es el organismo que nos va a proporcionar las plantas y posiblemente asesoramiento con...

FA: ¿con el tipo de plantas? Ajá.

HS: con, biólogos. Ajá, y bueno, esto nació cuando... yo uso mucho ir a correr, y bueno, casualmente el Jardín Botánico queda cerca de mi casa, entonces siempre le doy una vuelta

FA: es más fresco (afirma)

HS: o dos vueltas, y llega un área, siempre paso por un área en donde se pone un poquito más densa la vegetación y se siente un cambio drástico. Entonces se me ocurrió utilizar ese efecto como un sistema d aire acondicionado natural, en lugar de los art... de los convencionales. Así nació. (hace pausa) Y bueno la última pregunta sería: en su perspectiva ¿qué tipo de usos potenciales cree usted que este proyecto pudiera tener en un futuro?

FA: (hace una larga pausa) mm... pues, sería en casos similares, se podría replicar en casos similares de vivienda para disminuir el uso de aires acondicionados, o en edificios en general también, igualmente para disminuir el uso de aires acondicionados. Mm... (hace una pausa) puedes justificar desde otros puntos de vista, desde otro enfoque?

HS: (afirma)

FA: Toda esta vegetación es, este, de alguna manera hace el efecto contrario de nosotros, o sea, estás oxigenando el aire y, este, estás atrapando gases de efecto invernadero, puede ser otra contribución que logre despertar el interés de la gente. Puedes ayudar a conservar algunas especies, quizás endémicas, o, este, inclusive que están en peligro de extinción. Mm... (hace una pausa larga) pues... por ahí (ríe), en esos aspectos serían los que... o sea, o por, o por lograr *confort térmico* disminuyendo el uso de aire acondicionado o por las otras.

HS: Bueno, pues, hasta ahí sería la entrevista. Este, ¿Usted estaría dispuesto a realizar una entrevista en un futuro en caso de necesitarse?

FA: Claro que sí, con mucho gusto.

HS: pues muchas gracias maestro.

FA: sí, inclusive si quieres... más asesoría con el análisis después, también.

HS: ok, ¿para lo de los softwares?

FA: sí para lo de los software y todo

HS: ¿usted tiene algún software ahí que...?

FA: sí, ahorita estamos usando uno que se llama, (ríe) que tiene nombre en inglés y lo inventaron unos mexicanos, se llama BAT, Bioclimatic Analysis Tool, y, este, es gratis y lo, y lo podrías utilizar. Es que, antes teníamos el programa este de Ecotect, que, si lo tienes, también es un apoyo, pero como ya está discontinuado, pues ya no te serviría, te serviría nomás para ir comparando resultados de uno con otro y si te van dando similares pues ya sabes que estamos bien, y si no...

HS: ¿uno con otro qué?

FA: un software con otro software.

HS: ah ok, ok. Pero estos softwares eh, ¿analizan asoleamiento y ventilación?

FA: humedad

HS: humedad... y nada más, ¿y sombras?

FA: Oscilación térmica, sí las sombras con el asoleamiento, radiación, vientos, y luego de los vientos hay que ver las temperaturas que se tienen, porque, aunque haya viento, pero si es muy caliente, no te conviene usarlo porque si es muy caliente en lugar de ayudarte, te va a perjudicar.

HS: ¿No me conviene qué?

FA: usarlo, sí, si el viento viene con 40 grados o 50 de temperatura pues, mejor lo dejas afuera guardadito. (ríe)

HS: ah ok.

FA: ...y encierras tu casa.

HS: De hecho, esta casa tiene las bardas del patio muy altas, por eso consideré factible realizar algo ahí adentro.

FA: Suponte que no lo, de todas maneras, el techo, no es un techo sólido, no es un domo pues, es algo que va, una malla sombra pues te permite el flujo del aire ¿no?... ¿cómo lo mediría? Pues a lo mejor tendrías... pues ese experimento que estás haciendo con, ahorita como estás midiendo la temperatura y ya con plantas después, pues ver qué tanto. Pero como te digo, vas a tener diferentes variables y sería mejor disponer de dos patios similares ahorita para: en uno sí hacer las modificaciones con las plantas y en otro no, entonces sí se podría hacer algo, pero, tu vas a hacer, ahorita ya estás haciendo medidas, luego lo vas a modificar y vas a hacer medidas otra vez, entonces ya.

HS: así es

FA: ya, aquí lo hiciste en verano y acá lo vas a hacer en invierno ejemplo, o en otoño, pero ya no son las mismas condiciones, ya...

HS: me comentaba Oscar Castro -porque yo planeaba hacer las comparaciones de un año con el otro ¿no?



FA: aun así, no es...

HS: ... y me comentaba él, que, que de hecho puede ser así, pero, lo más recomendable sería simplemente medir períodos similares, o sea, no importa que estuvieran en diferentes meses de ambos años ¿no? (2015 y 2016), sino que tuvieran más o menos los mismos factores de clima o de temperatura y humedad, y entonces sí, ya realizar las comparaciones, pudiera ser una semana de algún mes y otra semana de otro mes distinto ¿no?, del siguiente año. ¿Usted qué opina sobre eso? ¿está muy inexacto?

FA: Sí, nomás que podrías decir “haciendo esto se observó esto”, pero no es la, no en base a eso justificar que, que es verdad que las plantas te van a solucionar el problema, por ejemplo. Sí, ¿no? pues llevaría muchísimo más tiempo...

HS: ¿Más tiempo que lo que duró la maestría? (sonríe)

FA: Sí (ríe), que lo que duró la maestría.

HS: Ok. Entonces ¿qué recomendaría usted?

FA: (Hace una pausa considerable) Modelar, sería la otra... pero no conozco software que te modelen plantas. A lo mejor el biólogo sí sabe de alguno.

HS: Entonces, el asesoramiento con un biólogo.

FA: Sí

HS: Muy bien (se hace una pausa considerable) Bueno, pues hasta ahí, muchísimas gracias maestro.

FA: De nada, nos vemos.

### **1:45 p.m.:**

Al finalizar la entrevista se interpreta que aunque la actitud del entrevistado es muy amable hacia el entrevistador y muy atento a ser de ayuda en lo que se necesite para avanzar en el proyecto, principalmente con las simulaciones térmicas y bioclimáticas, realmente no comparte la credibilidad de que el proyecto funcione de la manera planteada, pues cuando se le pregunta si en su opinión el proyecto puede funcionar como está planteado, lo ve sumamente complejo y cuando se le pregunta por el potencial que ve en el proyecto, su respuesta llega muy tarde y tiene una actitud vaga.

## 8.4.5 – Transcripción de entrevista al Dr. José Saturnino Díaz

“Sistema Experimental de Acondicionamiento Térmico Mediante Manejo Microclimático para Vivienda en Culiacán”

Heriberto Soberanes Arredondo  
ITESO  
16 de diciembre de 2015

### ENTREVISTA TIPO 1

#### Datos del entrevistado

Nombre: Dr. Biotecnólogo José Saturnino Díaz

Ocupación: Investigador y profesor en la Escuela de Biología de la Universidad Autónoma de Sinaloa

#### Datos de la entrevista

Fecha de realización: miércoles 16 de diciembre de 2015

Lugar: Facultad de arquitectura de la Universidad Autónoma de Sinaloa, Culiacán, Sinaloa.

Hora de inicio/fin: 6:30 pm / 7:00 pm

#### Datos del entrevistador

Nombre: Heriberto Soberanes Arredondo

Rol o cargo: Maestrando en Proyectos y Edificación Sustentables, en el ITESO.

#### Transcripción:

H: Su nombre es Saturnino...

S: José Saturnino Díaz

H: José Saturnino Díaz, trabaja en...

S: En la Escuela de Biología de la Autónoma de Sinaloa

H: Muy bien, eh, bueno, primeramente, para encontrar este efecto, ¿qué tipos de vegetación son los que usted recomendaría en su experiencia?, ¿qué plantas son las que emanan mayor frescura a la temperatura del ambiente?

S: Bueno, las que yo considero que puedan participar de manera más efectiva para lograr este efecto serían las plantas de los ambientes riparios, aquellos que forman parte de lo que es los bosques de galería, básicamente formas arborescentes como: sauces, álamos, higueras y algunas formas arbustivas que, precisamente, participan en ese tipo de ambientes, en el sentido de que contribuyen a establecer un equilibrio térmico de lo que es, precisamente, las corrientes de aire, la luz incidente y sobre el cuerpo de agua, de tal manera que también son plantas que están acondicionadas a esa característica, por el hecho de que presentan hojas pequeñas, alargadas, por las cuales circula de manera muy adecuada, circulan las corrientes de aire, eso es lo que tiene ese tipo de plantas. El resto de la flora del estado de Sinaloa, en la mayoría de los casos está constituida por formas que pierden el follaje en la época seca del año, y la época seca del estado de Sinaloa dura muchísimo tiempo, más allá de ocho meses, de tal manera que no creo que esa sea un... digamos, un “stock” favorable para tu proyecto. Yo pienso que más que nada a ti te favorecerían mucho las especies de los ambientes riparios.

H: Riparios...

S: Así es.

H: ¿Éstas especies son nativas de aquí algunas?

S: Son nativas del estado de Sinaloa, lo que son, te puedo mencionar especies como: Salix Nigra, un Pópulus Mexicana, Fícus, Taxodium, etcétera, que son características precisamente de estos ambientes, y son plantas de las que tú precisamente estás buscando que, si bien no son endémicas del estado de Sinaloa, sí son propias de la entidad.

H: Bien. Platíqueme si usted conoce plantas originarias de la región que produzcan este efecto comentado.

S: Sí, hay bastantes plantas, sobre todo en ambientes más o menos abiertos: en los bosques de coníferas, digamos en lo que corresponde a los ambientes de manglar, aunque estas están condicionadas a ambientes de montaña y ambientes halófitos,

en ese sentido, son mucho más recomendables las especies de los bosques riparios.

H: Bien, ¿estas especies tienen facilidad para ser utilizadas como ornamentación también o no?

S: Claro que sí, de hecho las plantas que son de ambientes riparios son aquellas que, básicamente, adornan los cuerpos de agua: ríos, arroyos, lagunas, etc., y son precisamente las que dan un ambiente agradable ¿no?, te digo: los álamos, los sauces, que son característicos de ese tipo de vegetación, son precisamente los que también forman parte de los parques, de tal manera que constituyen un entorno agradable, un ambiente muy adecuado para que la gente conviva ¿no?, en un ambiente, digamos, pues, agradable ¿no?

H: La siguiente pregunta: ¿qué características físicas deben de tener las plantas que tienen esta generación microclimática?

S: Bueno, en principio deben de ser plantas de follaje perenne, porque es precisamente el follaje el que participa para el intercambio del equilibrio térmico. En segunda instancia: de tamaño reducido, porque se quieren para espacios interiores ¿no?

H: Así es.

S: ...de tal manera entonces que se pueden utilizar formas arbustivas de pequeña talla, no más allá de dos metros, ni de un ancho mayor al metro, también pueden utilizarse plantas trepadoras, o algunas rastreras, pero condicionarlas para que éstas se distribuyan sobre paredes, entonces, sí las hay aquí en la entidad, y otras, que pueden ser plantas herbáceas que pueden ser colocadas sobre macetas. En algunos lugares del país hay construcciones que están forradas, si es que vale el término, de follaje, y es ese follaje participa, precisamente, a mantener el equilibrio térmico por la parte interna de las paredes, en ciertos lugares me ha tocado ver ese detalle.

H: Bien, muy bien. A su consideración, platíqueme las precauciones que se deben tomar al aplicar este tipo de plantas.

S: Bueno, lo primero, deben tener mucho cuidado con estar podándolas, cortando las ramificaciones para que estas no estorben. En segunda instancia, este, también,

tener cuidado con los riegos, en el sentido que, algunas de esas especies, requieren de un riego cada tres o cuatro días, no más, y no abusar con esto porque también esto les puede afectar, eh, puede ensalitrar las paredes, entonces provoca un daño más drástico.

H: ¿Estamos hablando de las trepadoras?

S: ...de las trepadoras y también de las plantas arbustivas que se tienen en maceta, porque escurre el agua, y el agua cuando escurre lleva sales, entonces estas sales cuando se acumulan, van a ensalitrar pisos, paredes, esquinas, etcétera.

H: Bien, efectivamente lo que seguía es sobre el sistema de riego. En su opinión, comente el sistema de riego más efectivo que pueda conseguirse para implementar este proyecto.

S: Ahí un sistema de riego muy adecuado sería el de riego por goteo, y un riego por goteo en este caso, digamos, no más allá de media hora con gota que oscile entre una por minuto, es poca el agua que requiere, y este riego que se haga, como son plantas de interior, más o menos cada cuatro días. O sea, tú le puedes poner el ritmo a tu riego por gota, es decir, una gota por minuto que pareciera muy poco, pero en treinta minutos son treinta gotas, y en un espacio interior, donde no se va a provocar evapotranspiración por efecto de la insolación, entonces se va a mantener la humedad en un tiempo más prolongado.

H: Muy bien, para que este efecto pueda ser así, significativo, ¿es necesario que sean plantas de sombra o pueden ser plantas de sol?

S: Si van a estar en sombra es preferible que sean plantas de tipo “C3”, o, que son las que están adaptadas, precisamente a ambientes de sombra, de tal manera que la escasez de luz solar no les afecte en los procesos de fotosíntesis.

H: Bien, ¿y las de sol pueden tener este efecto, o no lo tienen tan significativo?

S: Bueno, las de sol sí las pueden tener, lo que pasa es que la mayoría de los especímenes de tipo “Camp” que son las de ese tipo de ambientes, desarrollan espinas, espinas o ramas muy agudas, entonces en un ambiente interior no son muy recomendables.

H: O.K. Sobre el mantenimiento y cuidados en estas plantas, eh, además de lo que ya me mencionaba que era la poda...

S: ...la poda, sobre todo la poda y la poda tanto de lo que son las ramas y la poda de raíces, eso precisamente, produce un efecto “bonsái” evita que las plantas crezcan, tú las tienes controladas de tal manera que las que tienes aquellas en macetas, las puedes sacar y puedes estar cortándoles las raíces, básicamente es eso y, precisamente, evitar tener plantas tóxicas. Muchas de las especies de los ambientes naturales de la región pueden producir metabolitos secundarios que pueden ser tóxicos.

H: ¿Metabolitos?

S: Los metabolitos secundarios, que son sustancias que participan en diferentes procesos de desarrollo de las plantas, de tal manera que algunos de ellos sí pueden provocar algunas situaciones de comezones, estornudos constantes, la gente que es alérgica, producen alergias, pues. De tal manera entonces, también otro de los cuidados que se tiene que hacer con ellas es estar cortándoles los botones para que no desarrollen flores, y mucho menos frutos, porque si producen frutos, si se descuidan, se producen frutos en interior, los frutos se maduran y entonces se te van a juntar moscas, etcétera. Por eso, entonces, se tienen que cuidar esos pequeños detalles ¿no?

H: Muy bien, ¿qué plantas, en su experiencia, tienen este efecto de disminución térmica más pronunciada?

S: De acuerdo a, digamos, a lo que se acostumbra acá en la ciudad, es muy usual observar plantas de ambientes riparios, por ejemplo: sauces –sauces pequeños ¿no?-, álamos también en estado pequeño, que son naturales de la región, y estos sí han demostrado tener un efecto de modificación o de equilibrio térmico, de hecho en algunas regiones del sur de los Estados Unidos de América, por ejemplo en California, en Arizona, es muy usual observar este tipo de plantas, buscando este efecto de mantener un equilibrio térmico ¿no?, y aquí en la región, pues son muy abundantes, eso es lo bueno.

H: Eh, ¿algunas especies? Así, para... en nombre científico.

S: Algunas especies típicas que pueden ser empleadas, serían: *Salix Nigra*, *Pópulus Mexicana*, Subespecie *Dimorfa*, *Ficus SP*, *Taxodium Mucronatum*, *Guazuma Ulmifolia*, *Pithecellobium dulce* (aunque este tiene espinas, pero, manteniendo un

poquito de control yo creo que podrían funcionar muy bien). Y algunas plantas trepadoras de los géneros: Ipomea, Cresa, entre otras, pueden resultar muy adecuadas para tu proyecto.

H: Muy bien... Platique en su experiencia, en su conocimiento, perdón, sobre qué medidas deberían tomarse para que el microclima generado pueda mantenerse dentro de los espacios habitables y posteriormente manejarlo o redirigirlo del patio al interior de la vivienda.

S: Bueno, yo considero que en el caso del manejo que se le tiene que dar a las plantas es, sobre todo: tenerlas bien hidratadas, tanto de lo que corresponde al suelo como del follaje; también aplicarles de manera periódica fertilización; poda, como le decía, básicamente ¿no?; ¡ah! también otra cosa con respecto a esto, viene siendo la protección contra parásitos, porque muchas de las plantas, sobre todo cuando se les tiene en un entorno muy adecuado, pueden ser proclives a contraer diversas enfermedades básicamente porque no tienen las sustancias que le son propias en el ambiente natural, de tal manera que se les tiene que estar dotando de ellas en ocasiones con la fertilización, con el riego, pero también tener cuidado para que el follaje no se llene de polvo, etcétera, etcétera, esto puede afectar la respiración propia de la planta, provocándole precisamente: eh, el secado del follaje. Básicamente con esos tres... esos cuatro aspectos, se puede tener un ambiente muy adecuado que participe, digamos, en mantener un recambio en el estado diferencial de la temperatura del aire en un ambiente interno.

H: ¿Qué tipo de fertilizantes? O algunos nombres o marcas.

S: De los fertilizantes más usuales que se utilizan sobre todo para las plantas en ambientes internos, hay un fertilizante de jardín, se llama "Miracle grow", "Crecimiento milagro", que es una mezcla de fósforo, potasio, sodio básicamente, en una proporción que es de uno a tres, es decir, una parte de fertilizante por tres de agua, de tal forma entonces, que se tiene una sustancia muy nutritiva adecuada para la planta.

H: Cuando dice "uno a tres", ¿qué unidades son?

S: Es un gramo por litro de agua, es decir, tú tiras un gramo en tres litros.

H: ¿de fertilizante?



S: sí, un gramo de fertilizante en tres litros de agua, porque a veces la gente piensa que entre más fertilizante le eche al agua es mucho mejor, y no, las plantas y así como todos los seres vivos tenemos límites máximos y mínimos, entonces por el hecho de pensar de que: “le voy a echar más”, vamos a afectar a las plantas ¿no?, es poquita la sal que se le agrega en realidad.

H: O.K. Es natural que en espacios de mucha vegetación se tengan formas de vida como insectos, gusanos, etcétera, ¿recomendaría usted el uso de pesticidas dentro de este proyecto? ¿Cuáles y por qué?

S: No, como es un ambiente reducido, considero que de manera manual y con los cuidados ya mencionados se puede tener un ambiente muy adecuado para el desarrollo de las plantas donde no pudieran ser afectadas por este tipo de patógenos. Yo pienso que el factor que más les pudiera afectar sería la acumulación de polvo, por efecto precisamente, de los cambios de corriente de aire, y también otro detalle que podría afectarle sería el no tener los riegos adecuados, pero por lo demás no, como no estamos hablando de un ambiente de hectáreas ni nada por el estilo, entonces eso puede ser controlado de manera sencilla.

H: O.K. Nada más que en este momento usted está mencionando sobre cómo pudieran afectar insectos a las plantas.

S: Sí

H: Bien, la pregunta también abarca si las plantas pudieran generar insectos como moscos o algo así, que pudieran afectar a las personas de la vivienda.

S: Ah, O.K. Básicamente las plantas no, en la naturaleza sí participan en los ciclos de vida de muchos organismos, pero, si se evita que estos insectos estén en el interior junto con las plantas en el sentido de que no puedan ovipositar, como por ejemplo los moscos, que no haya cacharros o macetas con agua de manera permanente, inclusive, que no se permita la entrada de palomillas, mariposas, etcétera, moscas, no se va a tener ningún problema. Básicamente, los insectos que tienen relación con las plantas en su ciclo de vida, no participan en ambientes domésticos ¿no? Los que sí participan en ambientes domésticos pueden ser las moscas, pero las moscas están más relacionadas con un entorno donde haya bastante materia orgánica en descomposición, sobre todo que esté relacionada con

los alimentos que nosotros consumimos normalmente, o con excretas, ya sean de animales domésticos: perros, pájaros, etcétera.

H: Bien, para tener alejadas a las moscas y mosquitos, palomillas, etcétera, ¿se podría tener alguna barrera física como algún mosquitero, pero de enormes dimensiones como para tapar todo el patio?

S: Eh, bueno.

H: ¿o qué mecanismo se le ocurre o conoce?

S: En primera instancia, podría ser eso, pero también hay muchas plantas cuyos metabolitos secundarios participan como repelentes de insectos como moscas, mosquitos, otros bichos como cucarachas, etcétera, que pueden ser utilizados en lo que vendrían siendo, básicamente, lo que se le conoce como pesticidas orgánicos. En ese sentido, así podrían ser empleados, en lugar de utilizar una barrera física de gran tamaño, entonces es más adecuado utilizar los propios metabolitos de las plantas para mantener alejados a esos bichos, y los hay en el mercado.

H: ...y ¿estas plantas con este tipo de metabolitos son endémicas algunas y pueden tener el efecto?

S: Sí, sobre todo, por ejemplo: algunas plantas relacionadas con lo que son las rutáceas –donde están los limones, las naranjas, etcétera, eh, en la entidad hay algunas de ellas y si no las hubiera, hay otras de diferentes lugares del mundo cuyos productos están a la venta en el mercado, y que son de origen natural y entonces no... digamos, su acción es básicamente dirigida a insectos de manera ex profeso y no afectan al humano.

H: Quiere decir que éstos líquidos, metabolitos, ¿se consiguen y se pueden adherir hacia otras plantas que no los tengan?

S: Exacto, se pueden asperjar, así como usualmente lo hacemos nosotros con ciertos insecticidas ¿no?, los hay, uno de los más comunes, de los más usuales, al menos en la entidad no es tanto, es eh, los citratos, los cítricos que son capturados en cera como si fueran veladoras, en la noche tú los prendes y están liberando esas sustancias, ese metabolito y evita que se arrimen los insectos, las plantas *persé* producen ese tipo de metabolitos de manera constante. Hasta que ellas quieren –y estamos hablando de las plantas naturales- hasta que ellas quieren que los insectos

deterioreen su follaje, ellas entonces dejan de producir esos metabolitos secundarios, condicionan a los insectos, ¿sí?, porque tienen sus ciclos de vida concatenados, para que éstos insectos se alimenten del follaje y participen en los procesos de polinización y otros, que se requieren en la planta, o sea, la cosa en realidad está programada.

H: Bien. Estos metabolitos ¿en dónde se consiguen y más o menos qué precios tienen o qué rangos?

S: Bueno, podemos encontrar esos metabolitos nosotros en forma de insecticidas, se pueden encontrar en cualquier supermercado, y dependiendo de la cantidad, digamos, un precio adecuado que yo he observado en el mercado, sobre todo de citratos, viene siendo alrededor de cincuenta pesos un balde de alrededor de alrededor de un kilo, que dura muchísimo. Y como produce, este a su vez produce monóxido y bióxido de carbono que requieren las plantas de interior en sus procesos de fotosíntesis.

H: Bien, eh, en cuestiones de abono para las plantas, mencione sus recomendaciones para llevar a cabo este proceso de abonarlas.

S: Bueno, el abono debe ser integrado a las plantas con el mismo suelo, es decir, hacer una mezcla de ese abono de origen animal, que en primera instancia se mezcla en proporciones de uno a uno (un kilo de abono por un kilo de tierra), y se integra entonces al suelo que va a estar en una maceta, por ejemplo, o en algún tiesto, o en donde consideren que van a estar ubicadas sus plantas, y nada más hacerlo, digamos, por primera ocasión, por única vez, porque la misma planta va a estar produciendo materia orgánica que se va a estar integrando al suelo.

H: Estos abonos, ¿pudiera usted recomendar alguno o recomendar algunos que usted conoce?

S: No, bueno, como en la entidad hay una gran producción ganadera, se puede conseguir en cualquier corral, o sea, no son difíciles de encontrar.

H: ¿Estamos hablando de heces?

S: Estamos hablando sí, de heces de vaca, de caprinos, de quinos inclusive, que pueden ser molidos, pulverizados, y entonces se integran al suelo.

H: ¿Y no tienen ningún efecto de olor o infección quizá?

S: No, básicamente los que tienen efecto de olor serían los orines, entonces, normalmente, lo que se trata aquí es que sea pura materia sólida, no de orines, para que entonces no afecten, no produzcan un aroma ofensivo ¿no?

H: Bien, ¿en su opinión cómo podría exaltarse el efecto refrescante de las plantas? Es decir, si se riegan de distintas maneras podrían quizá ser más eficientes o no, o quizá con alguna otra metodología, ¿cuál es su opinión al respecto?

S: Eh, me ha tocado ver a mí en algunos jardines botánicos que tienen ambientes cerrados, pero tienen un sistema de asperjamiento aéreo, entonces, en ciertos momentos cuando arrecia el calor, lo que hacen es que asperjan sobre el follaje de las plantas, y entonces eso inmediatamente provoca un cambio de temperatura, pero bastante fuerte, mucho más allá baja la temperatura, se siente inclusive, de acuerdo con las notas, puede bajar hasta diez grados.

H: Así es, entonces ¿este pudiera ser un sistema de riego por aspersión además del de goteo? ¿Sumado?

S: Sí, sobre todo en ambientes que son muy calientes, entonces ya podrían implementar un sistema de mangueras, un sistema aéreo para asperjar en la parte alta de los arbustos y eso ya provocaría un ambiente mucho más fresco.

H: Bien, ¿este ambiente mucho más fresco no iba a ser de alguna manera negativo en cuestiones de que la humedad iba a aumentar muchísimo?

S: Puede ser, eso también es cierto, sí puede provocar bastante humedad y en cierto momento esta humedad se contraponga a los beneficios que se están buscando ¿no?, eso es cierto.

H: ¿qué impacto ambiental producen los fertilizantes y/o pesticidas que aquí se pudieran utilizar? ¿Tienen algún impacto ambiental negativo?

S: Sí, sobre todo cuando son lixiviados o liberados hacia los cuerpos de agua, los fertilizantes provocan este fenómeno de eutrofización, es decir, muchos microorganismos, sobre todo los que son fotosintéticos, empiezan a reproducirse de manera exponencial, de tal manera que, al reproducirse de manera exponencial, producen una gran cantidad de gases, y estos gases suelen ser, digamos, este, mm... ser desagradables ¿no? Pero aquí, como estamos hablando nosotros de un entorno más que nada, reducir, es decir, no se van a utilizar kilos de fertilizante o

litros, sino, digamos, cuestiones de gramos o mililitros, entonces no considero yo que vayan a provocar una afectación en el ambiente.

H: ¿Usted podría recomendar alguna bibliografía o pudiera enviar algunas sugerencias de especies de plantas para el autor de este proyecto?

S: Claro que sí, cómo no, estamos a sus órdenes y alguna literatura especializada que haya sobre el tema, con mucho gusto, es cuestión nada más de que por correo electrónico me indique y yo le mando toda la información pertinente para poyarle.

H: Bueno, pues muchísimas gracias, la entrevista finaliza.

#### 8.4.6 – Transcripción de entrevista al Mtro. Biólogo José Gerardo Bojórquez Castro

“Sistema Experimental de Acondicionamiento Térmico Mediante Manejo Microclimático para Vivienda en Culiacán”

Heriberto Soberanes Arredondo

ITESO

18 de diciembre de 2015

Heriberto Soberanes Arredondo

#### ENTREVISTA TIPO 1

##### Datos del entrevistado

Nombre: José Gerardo Bojórquez Castro

Ocupación: Profesor en la Escuela de Biología de la Universidad Autónoma de Sinaloa

##### Datos de la entrevista

Fecha de realización: viernes 18 de diciembre de 2015

Lugar: Escuela de Biología de la Universidad Autónoma de Sinaloa, Culiacán, Sinaloa.

Hora de inicio/fin: 2:00 pm / 2:45 pm

##### Datos del entrevistador

Nombre: Heriberto Soberanes Arredondo

Rol o cargo: Maestrando en Proyectos y Edificación Sustentables, en el ITESO.

##### Transcripción:

H: ¿Su nombre es?

G: Gerardo Bojórquez Castro, soy biólogo botánico egresado de esta escuela<sup>20</sup> hace siete años, soy maestro de asignatura B.

---

<sup>20</sup> Se refiere a la Escuela de Biología de la Universidad Autónoma de Sinaloa.

H: Bueno, primeramente, en su experiencia ¿podría platicarme qué plantas son las que emanan mayor frescura al ambiente? No tienen que ser endémicas, solamente como las características generales.

G: Sí, aquí primero que nada, las plantas que más propician frescura a los sitios son las que son del tipo *Perennifolia*, plantas que presentan hojas durante todo el año, de hecho aquí en el estado se han implementado muchas de ellas en lo que viene siendo todo lo que es el urbanismo desde hace muchas décadas atrás, hay especies muy comunes que aquí ya se usan en... y que se han usado en bulevares que no solamente son palmas, que también son árboles, pues, árboles como “la pingüica”, que esa es siempre verde, está tirando hoja pero siempre verde, está también el “olivo negro”, “el venadillo” aunque, como es una planta de monte, en el monte pierde la hoja, pero como será cultivada en casa y regada y todo, se comporta con hoja casi todo el año. Especies como el “Neem” que es introducido pero que ha sido una planta apropiada por el estado, ya sea en zonas urbanas y también en zona rural. Son plantas que son verdes todo el tiempo y que en sí cuando uno requiere de sombra de un árbol no le interesa de dónde venga. Hay plantas que tienen sus desventajas, el proporcionar una sombra, la suciedad a veces, la basura, pero eso todas las plantas la van a generar independientemente de la especie que sea y del origen. Son especies que nosotros consideramos que te producen frescor o frescura en un momento dado requerido y que se usan normalmente en diseño del paisaje también.

H: Bien, eh, platíqueme si usted conoce plantas originarias de la región que produzcan este efecto comentado de disminuir su temperatura, no sólo con sombra sino mediante evapotranspiración.

G: Sí, a lo largo de mi carrera como botánico conozco algunas especies que bien en sí no han sido apropiadas todavía, que estamos en ese proceso ahorita el Jardín Botánico, como sociedad botánica zoológica y el ayuntamiento por medio del IMPLAN. Se está trabajando con especies que van a ser, como dicen, “traídas del monte”, manejadas, *con todas las de la ley*, vamos a decir, con todos los permisos, con todos los cuidados y los conocimientos que una planta del monte requiere, el saber de qué especie es y el saber el comportamiento. Una de ellas por ejemplo es



el “Ayale” que, aunque es una especie que produce frutos de gran tamaño que no se apropia para estar en un bulevar, mas sí se puede apropiar para estar en una banqueta de una casa en particular y que como es siempre verde pudiera adecuarse.

H: ¿Ayale?

G: Ayale, *Crescentia Alata*. Hay otra especie en el monte: el “Venadillo”, que, aunque también se puede considerar una especie de monte, se utiliza en paisajismo urbano. Hay una especie que se llama “Periquillo” *Thouinidium Decandrum*, que estamos ahorita trabajando sobre esta porque queremos saber todo lo que es su fenología, todos sus estadíos(Sic), y como es una planta perenne, persistente, y que requiere poca agua y que tiene hojas todo el año, pudiera dar ese efecto que nosotros andamos buscando. Esas son algunas de las especies que yo conozco, también la Amapa, la Amapa de monte, la Amapa de monte rosa y la Amapa de monte amarilla, que son las que se pueden manejar. He visto algunas otras que son de hábito, árbol pequeño o arbusto que por tener espinas mucha gente no las adecúa, no las quiere poner, como el caso de los papaches picudos y en el caso de algunos palos verdes o también algunos que le dicen “Ocotillo”, que bien pueden presentar hojas todo el año una vez que son trabajadas ya con riegos y cuidados especiales.

H: Bien, de las que no son originarias o endémicas, dígame en su opinión cuáles son las más efectivas en este aspecto y que pudieran ser aplicadas a Culiacán.

G: Eh, “la Pingüica” por ejemplo no es una planta nativa de Sinaloa, más sí es mexicana y se puede distribuir hasta lo que viene siendo la parte de centro América, la “Pingüica”, *Heredia Trifolia*, esa planta es verde todo el año y da sombra todo el año. En el caso del “Neem” aunque es de la India, ya se ha vuelto toda una planta muy emblemática en la región, con sus ventajas y desventajas, como lo digo. Está otro árbol que le dicen “Melina”, *Gmelina Arborea* -es su nombre científico-, que da sombra, el único defecto es que da frutos, pero la fructificación dura mes o mes y medio. “El olivo negro” que son especies, que unos dicen que son de la India, otros dicen que son de Panamá, de Florida, pero que también tienen registros de centros de origen mexicanos en la parte más tropical de nuestro país. Están esas especies,

está una que le dicen “Lengua de mujer”, “Lengua de vieja”, que en algunos lugares le dicen “Capiro” -que es de la India también-, *Alvizia Lebec* –es su nombre científico-, dan sombra todo el año, eh, también está un árbol: el “árbol de la lluvia”, nada más que es muy majestuoso, es gigantesco el árbol.

H: O.k.

G: El Guanacaste, que, aunque también se puede considerar regional, tiene una distribución muy amplia, hasta por allá por hasta Honduras, Panamá, todo eso. De hecho, por allá por aquellos rumbos hay un parque que se llama “La Parota”, dedicada al Guanacaste que aquí nosotros conocemos de esa manera, pues.

H: ¿El Guanacaste es con “h” o con “g”?

G: El Guanacaste puede ser con “h”, puede ser con “g”, puede ser “Guanacaste”, “Huinacaste”, pero el nombre científico es “*Enterolobium Cyclocarpum*”.

H: Muy bien, eh, a su consideración, platíqueme las precauciones que se deben de tomar al aplicar este tipo de plantas.

G: Aquí más que nada vas a tener que buscar especies que sean de raíz pivotante, que su raíz sea de las que buscan el agua en los mantos freáticos subterráneos totalmente y que no busquen el agua de manera superficial, porque eso te causaría un problema de que sus raíces, que a veces están adaptados para sostener a la planta, en el caso de los llamados “contrafuertes” que son de sujeción, para que el árbol no se caiga, porque unas raíces son las que van a buscar el agua al fondo de la tierra, se llama “raíz primaria”, pero hay raíces que son las secundarias, son las que están más superficiales. Si tú vas a tener un espacio de ese tamaño, de preferencia vas a tener que usar plantas que su origen, valga la redundancia, de preferencia sean plantas producidas en bolsa desde semilla, no por esqueje ni por podo ni nada de eso, porque hay plantas que, aunque sean de lugares secos o tropicales o subtropicales, pueden llegar a producir raíces que te van a ocasionar levantamientos de banquetas, tumba de bardas, obstrucción de cableados subterráneos, obstrucción de drenajes pluviales, todo eso. Hay plantas que son muy drásticas en su formación de raíces y al no encontrar agua de manera rápida, van a buscar agua donde esté.

Las plantas de Sinaloa tienen la característica de que son plantas adecuadas a la sequía, durante ocho meses del año, pero una vez que tú les pones agua o que les generas un ambiente, aunque sea artificial, pueden tener ese efecto secundario de buscar el agua de otras maneras, pues.

H: Bien, o.k. En su opinión comente el sistema de riego más efectivo que se pueda conseguir para implementar este proyecto.

G: Aquí por efecto de tener unas plantas sanas, se puede utilizar lo que viene siendo un riego por goteo dosificado. A sabiendas de que las plantas de aquí de Sinaloa, solamente gozan de este factor que viene siendo el agua durante cuatro o cinco meses que son las épocas de lluvias, pudiéramos hasta abusar nosotros de ponerle un sistema de riego donde las plantas pudieran estarse regando casi diario, con una cantidad de agua que le proporcionaría el estar humectadas durante todo el tiempo, en este caso, hablar de cajetes o de macetas, sería tener el agua en exceso y permitiríamos lo que viene siendo mucha evapotranspiración, en este caso pudiera ser una ventaja, no sé, para el efecto que usted lo quiere. El que tengas un remanso de agua en una taza, pudiera estarte generando un microclima en el sitio. Pero continuando con el tema: tú tienes riego por goteo, vas a tener, se supone que vas a tener un suelo, no vas a tener piso ¿verdad?

H: Eh, sí, ahorita el patio es una plancha de concreto.

G: Pero lo vas a tener que quitar.

H: Pero hay una jardinera y esa jardinera se puede emplear.

G: o quitar todo el piso, porque pues igual el cemento, la piedra, todo eso te genera, lo que tú estás ganando en bajar la temperatura, el piso te lo está... porque el piso en sí, sabemos que es muy adaptable: cuando hace frío se pone muy frío y cuando hace calor pues se pone muy caliente, igual a veces el calor dura rato en liberarlo. Si tú tuvieras suelo y tuvieras un goteo constante al grado de que no cause pudriciones y que no cause enfermedades en las plantas, porque una planta que ya está acostumbrada a estar en estado de latencia durante ocho meses, si le metes riego puede llegar a generar hongos, y más aquí en la ciudad, que aquí en la ciudad hay hongos que se han traído y enfermedades que han llegado de muchas vías y muchas formas, que a veces hasta en la tierra que traemos en los zapatos traemos

enfermedades, y otra cosa: tus plantas una vez que les metes riego, van a querer crecer de manera disparada, por eso vas a tener que tenerlos dosificados.

H: Bien, este sistema de riego por goteo ¿usted lo considera el más ahorrativo que pudiera resultar aprovechable aquí?

G: Hay sistemas de riego automatizados por computadora y por “timer” que se pueden utilizar, pero igual hay llaves que se adaptan al mismo sistema de agua potable, que sueltan agua por medio también de un “timer”, por ejemplo: cada tres horas sueltan cinco minutos de agua y son de pilas, hay otros que están computarizados como si fuera una especie así por sensores, o que dices: “cada tres horas va a estar liberando tantos litros por segundos, tantos litros de agua”, y la ventaja de un sistema de riego es que te evitaría que estuvieras todo el día o todos los días en los períodos que te tocara regar, pues.

H: O.k. Platíqueme sobre los cuidados que se necesitan para el mantenimiento de este tipo de plantas.

G: Aquí lo ideal fuera que tus plantas no alcanzaran una altura muy descontrolada, por lo tanto, tú lo que quieres es tener copas, una copa que te provea un tipo de bosque casi cerrado y que no permita el paso de luz en cantidad exagerada a lo que viene siendo el piso, el suelo, pues, y si tú tienes un porcentaje de sombra de un 80 o 90, estarías en un lugar casi oscuro, aunque por medio de la luz filtrada que se pasa por medio de las ramas, no sería de manera tan drástica algo tan oscuro que ocuparas hasta luz. Aquí si tú tienes árboles con una copa cónica o una copa redondeada, un solo árbol te podría estar generando hasta nueve metros o diez de sombra.

H: ¿cuadrados?

G: Sí, más o menos, que es lo que los árboles del monte deben de estar de distancia uno con el otro: tres metros, tres por tres, tres punto tres, van 860 árboles por hectárea, pero como tú vas a manejar tallas que no están a veces en las medias esas, puede ser un solo árbol te puede generar no nueve metros ni diez, te puede generar doce, por ejemplo un “Mauto” o un “Guamúchil” o un “Ayale”, y si vas a manejar las capas normales que son arbustos, pues, igual va a ser muy poca el área del suelo al que le va a pegar sol, más sí va a tener aireación, que eso sí lo

vas a ocupar, aireación para que no se forme mucha lama en el suelo y eso, aunque hay lamas que son benéficas, son nitrificantes, aclarando que el suelo que tú tienes es un suelo artificial, probablemente de relleno o que tenga una capa de tierra muerta de a lo mejor unos veinte centímetros, o que vaya a tener una capa de tierra muerta de cincuenta centímetros, de manera exagerada, que de manera normal las casas antes de echar un piso, compactan y meten rellenos, bases, y tipos de tierras inertes, eso es lo que pasa, pues.

H: Bien, aquí al momento de generar un microclima, ¿el área de vegetación tiene que tener –según su conocimiento o su experiencia- una proporción con respecto al microclima?, para ser más claro, si tenemos las plantas contenidas en el patio, eh, la proporción de plantas con respecto al interior, ¿tiene que haber algún porcentaje de las plantas extra o menos del interior?

G: ¿El interior de la casa?

H: Sí, lo que pasa es que como son bardas altas, el microclima generado ahí, se quiere, además de generarse, se quiere transportar hacia dentro de la casa.

G: “Entubar” como se dice, dirigir ¿verdad?

H: Así es.

G: No conozco yo una proporción, las especies de manera natural tienen distribuciones y densidades, que en los bosques naturales que uno va y visita, ya hay densidades muy marcadas, por ejemplo: un tipo de bosque como en el de Sinaloa, es un bosque cerrado, en el caso de los pinos, hay bosques de pinos que son encerrados, pero hay bosques de matorrales que son abiertos, y que nadie es árbol ahí, entonces en el caso de lo que tú vas a hacer y que veo que es pequeño el sitio, van a ser muy pocos los individuos que van a caber. Yo digo que, con unos siete u ocho árboles, va a sobrepasar lo que viene siendo el área y vas a poder cubrirlo, y van a pegar copa con copa y copa con pared y pared con pared, a lo mejor, algunos árboles. Que lo vas a tener que complementar con alguna trepadora, o alguna enredadera que cubra lo que vienen siendo las paredes para que también le dé frescor, eso también lo puedes hacer.

H: En su conocimiento ¿qué medidas recomendaría para que el microclima generado pueda mantenerse dentro de los espacios habitables, y bueno, posteriormente pueda ser manejado hacia el interior?

G: ¿Tú contemplas solamente plantas en el patio?

H: Sí

G: ¿No has contemplado plantas de interior?

H: No, esas no están contempladas.

G: ¿Y no van dentro del proyecto?

H: hasta el momento no están dentro del proyecto.

G: En sí, ¿la pregunta concreta cuál es? En eso que me acabas de preguntar ahorita.

H: Sí, o sea, una vez que el microclima esté generado, para que no se escape y poder ser capturado...

G: Es que tus mismos árboles van a crear una especie de bóveda, sí sabemos que la evapotranspiración es muy volátil y se va a ir entre estas mismas. Más no sé yo si tengas contemplado algún sistema de captación que te genere una especie, como si fuera una especie de membrana o algo que hiciera que esa sombra, ese frescor se dirigiera directamente a donde tú lo quieras.

H: Se va a implementar una chimenea solar que lo que hace es funcionar como una aspiradora de calor en la casa, directamente desde la puerta del patio vamos a tener como el acceso.

G: Ah, se va a aspirar.

H: Así es.

G: Sí, aquí la cosa es que toda tu evapotranspiración no se te vaya a la atmósfera, sino que se meta a un cuarto o a un pasillo grande, así tengo entendido.

H: Sí, la pregunta es ¿qué medidas recomendaría para que no se escapara esta evapotranspiración?

G: Es que, el problema aquí de poner algo que, el poner una pared o poner algo que permita pasar los rayos del sol pero que no permita que se fuera, esto te puede generar un efecto, así como invernadero y que en vez de generar frescor va a generar calor. Para poder que lo que se está evapotranspirando y el piso o el suelo

que tú tienes manifieste lo fresco que está, porque no tener rayos de sol directos, que son los que rebotan, pues, entonces aquí se tendría que implementar algo, una especie como de malla sombra. Puede ser una malla sombra nomás que habría que ver de qué magnitud y de qué tipo, qué porcentaje de sol vas a querer abajo, si ocupas un porcentaje por ejemplo de un veinte de sol y ochenta de sombra, o al revés, que tengas un porcentaje cincuenta y que la misma copa del árbol, al momento de estar aspirando, dirija ese vapor, ya fresco.

H: Bien, es natural que en espacios de mucha vegetación se tengas formas diversas de vidas como insectos o gusanos, ¿recomendaría usted el uso de pesticidas en este proyecto? ¿Cuáles y por qué?

G: Se pueden utilizar dos tipos de productos: los que son orgánicos y los que son químicos. Hay muchos productos químicos, que pueden matar desde una larva, un animal subterráneo como un “Lematu”, que de esos van a abundar ahí, y otro tipo de animales que se dan en lo que vienen siendo las ramas de copas del árbol como la “algodoncillo”, como algunos chupadores, alguna mosquita blanca e insectos que llegan de manera anexa, y plagas diversas que continuamente se arriman. Hay otro tipo de productos que son a base de jabones, que uno mismo elabora, con hierbas aromáticas, ya sean: romero, albácar, menta, nicle, cáscaras de frutas de desperdicios como la cáscara de naranja, cáscara de manzana, de cualquier fruta, y éstas se hace un proceso que te genera un tipo de insecticida natural, porque de hecho las plantas lo tienen, pues. Hay plantas que igual el producto: chile, chile con jabón o ajo con jabón, el Neem mismo que se utiliza para erradicar ácaros, porque de que vas a tener plagas con esa sombra, esas van a abundar ¿eh?, de hecho no sé cómo le van a hacer las plantas más pequeñas, porque en el monte, una planta o una mata alta cuida a la pequeña, el árbol fulano recibe todos los golpes que le iban a dar a la pequeña: él recibe insectos, él recibe roñas de hongos y él las combate tirando la hoja, que si le hubieran llegado a la planta pequeña, se la comen, la eliminan. Por eso el monte, por más que lo ataquen insectos y cualquier otro tipo de plagas, el monte persiste, pues. Cuando pasan catástrofes es porque la vegetación estaba en descontrol y salía de un ritmo. Igual si tú consideras eso en tu patio, pues tendrás que tomar en cuenta lo que en un monte natural se da, y no



excluyas que se tenga que ir al monte y hacer un muestreo, cinco muestreos por ejemplo, donde tú digas “esto se presentó en altos porcentajes en los cinco muestreos”, entonces estas especies son las que vas a asociar, porque ¿qué tal si meto Nim con fulana y no coinciden?, entonces las mismas plantas se auto protegen, cosa que también se puede hacer con productos químicos, con productos a base de vegetales.

H: En su opinión, mencione si serían necesarios fertilizantes para las plantas y mencione los que usted sugeriría.

G: Se pueden utilizar fertilizantes, hay plantas que producen su propio nitrógeno: las leguminosas, por ejemplo, producen urea, y les sirve no solamente a ellas, también les sirve a las vecinas que están, pero si tú quieres tener plantas que estén sanas, habría que aplicarles potasio, si quieres que tus plantas produzcan hoja hay que aplicarle nitrógeno, si quieres que estén sanas y que produzcan flores y frutos hay que aplicarles fósforo. Hay fertilizantes ya muy comerciales como el triple diecisiete, también las ureas, los sulfatos de amonio, son productos ya muy comunes y que hay plantas que los requieren, porque la acidez del suelo donde ellas viven tiene que ser un PH por ejemplo de 5.6 o 6, tiene que tener un PH estándar, lo que a veces se descontrola con tanta humedad y se vuelven más ácidos, entonces hay plantas que tienen que estar controlando eso. Hay algunas que son muy celosas y capturan su propio fertilizante que producen las algas que ahí hay y lo usan de manera muy particular, pues por medio de bacterias asocian nutrientes que nadie más puede tener en el suelo más que ellas. Hay productos químicos ya sea que se lo puedas aplicar a las hojas o en el suelo que son los más comunes, entonces sí puedes utilizar fertilizantes, principalmente el triple diecisiete.

H: En cuestiones de abono para las plantas, menciones sus recomendaciones para llevar a cabo este proceso de abonarlas.

G: Sí se puede producir abono, el problema es que aquí en Sinaloa de manera particular, las bacterias que se ven involucradas en la descomposición de la materia orgánica son muy drásticas, por los cambios drásticos que también hay. ¿No sé si alguna vez hayas comprado alguna planta que viene con sustrato de tipo de hoja y

que a los dos o tres meses se le acabó el sustrato y que quedó la mata con la raíz desnuda?

H: (Asiente)

G: Cosa que nosotros aquí en Sinaloa le ponemos *tierra muerta*, y esa tierra es como su nombre lo dice, es una tierra que va a poderse compactar un poquito nada más pero nunca va a perder su dimensión, en el caso de los abonos a base de *lombricomposta* y ese tipo sí se pueden utilizar, tratando de evitar lo que son los productos químicos. Entonces, el detalle es que, si tú usas abonos, hay abonos que pueden comportarse de manera diferente en base a las bacterias que producen su descomposición y asimilación al suelo. Entonces sí son recomendables, nada más que hay que ver de qué tipo de hojas se hacen y qué tipo... de dónde proviene ese abono, porque hay plantas que en vez de generar un nutriente te causan un problema, plantas como el mentado “olivo negro” ese no lo puedes utilizar en el abono, ni los *ficus*, ni el eucalipto, se tienen que evitar esos.

H: En su opinión ¿cómo podría exaltarse el efecto refrescante de las plantas? Es decir, si se riegan de distintas maneras podrían ser más eficientes o no, o quizá con alguna otra metodología, ¿Cuál es su opinión respecto a este tema?

G: Yo creo que una planta de este tipo teniendo un riego constante, no vas a batallar en que tengan follaje, porque ellas esperan la temporada de lluvias para manifestarse, pero una planta, como dicen por ahí: “son bien astutas”, una vez que saben que va a haber agua permanente, su fenología cambia, que es muy difícil hacerlas cambiar de un día para otro, o de un año para otro, pero que finalmente, una vez adecuados y sabiendo el historial que tú le generaste durante el año de agua, el otro año puede comportarse con hojas, de hecho pueden cambiar hasta su periodo de floración o pueden florecer dos veces al año.

H: ¿Su período de qué? Perdón.

G: De floración, de flor, pues, y fructificación. Eh, esto es lo que puede pasar con un buen riego, y yo creo que una vez que tú implementes un sistema de riego por goteo y proporción de nutrientes, tus plantas van a estar siempre verdes, aun siendo caducifolias, que se le caen las hojas durante una parte del año.

H: Bien, ¿qué impacto ambiental producen los fertilizantes y pesticidas que aquí se pudieran utilizar?

G: Todos los fertilizantes y, bueno, más que nada los fumigantes, tienen efectos secundarios, que en este caso muchos de ellos producen anemias, y algunos otros producen algunas especies de alergias también. Hay productos que por más suaves y por su menor toxicidad como lo manifiestan en el envase, todos son tóxicos ¿eh?, todos, hay que cuidarse de ellos, todos son desde moderadamente tóxico hasta altamente peligroso. Entonces, si tú lo usas te puedes intoxicar o puedes dejar una secuela. Igual, lo que pueden generar los fumigantes y a veces los fertilizantes es que hacen inmunes a muchas plagas, y una vez que tú ya los quieras controlar de manera natural o por medio de control biológico, es muy difícil de hacerlo, pues. La mayoría de los productos químicos que venden están diseñados para el control, y no para la erradicación, aunque sí los hay, los que erradican ¿eh?, pero recuerda que todo lo que tiene que ver con cuestiones reproductivas de las plantas, involucran animales e insectos, entonces, eliminarle un animal, a veces eliminas a otro animal que le podía haber sido benéfico a tu cultivo, a tu ambiente, pues. Por eso en el monte sabemos que hay muchos tipos de animales, en cierto tipo de épocas y que no terminan con este tipo de monte, por lo mismo, porque ya están regulados. Y aquí el que tú alteres a un animal, estás haciendo que a una cadena le falte un eslabón, pues, ya sea que ese insecto servía para ovipositar, que pusiera el huevo, y que ese huevo se comiera ciertas partes de la planta o esa larva que te come la planta, que es lo que pasa con muchos insectos en estadios juveniles.

H: Bien, ya para finalizar, este proyecto, ya ahorita yo voy en segundo semestre y a la maestría solamente le resta un año para realizar todo este experimento. ¿Será posible realizarlo con algún tipo de arbustos o plantas que tengan como facilidad de ser instaladas y adaptadas a sobrevivir, etcétera?

G: Sí, aquí la gran ventaja que tú tienes es que de aquí a marzo, aprovecharías que no es época de lluvias y tendrías la oportunidad de sacar previos permisos para poder mover plantas o ya sea que alguien te las brinde de un patio que ya las tenga, instalarlas de tamaños ya considerables, a lo mejor de tres o cuatro metros, para ese lugar no vas a ocupar mucho, vas a ocupar si acaso unos diez o quince

individuos y se me hacen muchos ¿eh?, para generar tu cobertura vegetal igual puedes moverlos aunque estén en el patio trasero, puedes maniobrarlos, ya sea reduciendo su tamaño de la copa o amarrándola o cortándola, como sea, y yo creo que de aquí a marzo podrías instalar tú un buen bosque, y que esto estaría dando resultados en agosto, en junio o julio del año que entra.

Entonces, ¿tienes setenta metros cuadrados?

H: Más o menos, sí, setenta en el patio, solamente en el patio.

G: Donde van a ir las plantas.

H: Así es.

G: La otra es que tus plantas pudieran estar enmacetadas pero de preferencia que estén en el suelo, para que sus raíces estén trabajando también, con la evapotranspiración no solamente de la hoja, sino que también por medio de la aireación de las raíces.

H: Bueno, le agradezco mucho que tomara mi entrevista, ésta finaliza aquí.

#### **8.4.7 Entrevista entre Heriberto Soberanes Arredondo (HS) e Isela Arredondo Romero (IAR)**

La entrevista se realizó el día 13 de octubre de 2016 a las 16 horas.

HS: Hola. Espero que esté muy bien. Esta entrevista es con fines informativos y de opinión. Es muy importante, pues va a ser sobre el estado que otorga la implementación de este sistema en su casa, y sobre los posibles aspectos a mejorar.

HS: ¿Cuál es su nombre?

IAR: Isela Guadalupe Arredondo Romero.

HS: Por favor comente los años que ha vivido en esta casa, y su estrategia en los grados con respecto a sentirse con mayor confort.

IAR: Veintiún años viviendo aquí. El confort de la casa, ha sido en tiempo de calor, caliente...

HS: El confort sería su sensación de sentirse a gusto... ¿Qué estrategia utiliza en los veranos, aquí?

IAR: Ah... la estrategia para sentirme a gusto, pues son los aires acondicionados.

HS: Platíqueme de los cambios que ha notado desde que el sistema se implementó en su casa.

IAR: Se ha notado más fresca la casa, desde que implementaron lo de la chimenea solar. Refrescó, yo digo, como un 20% más, o un 30%.

HS: Dígame si usted ha notado cambios drásticos de temperatura desde que el sistema fue instalado.

IAR: Pues... así muy drásticos... primero no se sentía. En la parte de abajo no se sentía el cambio, pero cuando ya pusieron plantas y todo eso ya empezamos a sentir más fresca la casa. Los beneficios: no poner aire acondicionado allá abajo, donde antes se ponía. De hecho, no podíamos abrir puertas para que no se saliera el microclima, que le llaman.

HS: Platíqueme de los beneficios que ha tenido con el sistema

No poner aire acondicionado allá abajo, como antes. Con puro abanico nos sentíamos a gusto.

HS: Coménteme sobre las desventajas que usted nota en este sistema.

IAR: Allí no lo entiendo muy bien.

HS: O sea... ¿Siente que le falta algo, o en qué podría?... Algo que no le parezca, pues, por el sistema.

IAR: No, pues el sistema que implementaron aquí... se me hace que está más fresco ahora que antes.

HS: ¿No ve ninguna desventaja?

IAR: No veo desventaja. Desventaja es que ya la casa está construida, y se hizo toda esa implementación con la casa construida y se hizo (un) cochinerero y todo eso. Pero me imagino yo que...

HS: ¿Cochinerero de qué?

IAR: Al abrir los hoyos de la pared, y ya una casa que se va a construir ya se hace con todo eso. Eso sería la desventaja.

HS: Cuénteme sobre el mantenimiento que este sistema necesita, comparado con la situación anterior, cuando no estaba instalado.

IAR: ¿El mantenimiento? Pues regar las plantas, exactamente. Cada dos días estar checando que las plantas estén en buenas condiciones para que den mejor frescor a la casa.

HS: ¿Ha tenido algún problema o alguna molestia con respecto a lo que concierne a este proyecto? Cuénteme cuál o cuáles.

IAR: El problema fue traer el montón de plantas, que no estaban instaladas. Hubo que traer todo eso. Como trescientas plantas. Y estarlas regando, cada dos días como te digo. Pero si ya estuviera un... si ya tu casa la tienes construida, si la vas a construir, pues vas a tratar de que ya tenga sus jardineras para que no haya ningún problema en lo que estar metiendo y sacando plantas.

HS: Platíqueme cuánto dinero calcula usted que ha ahorrado en electricidad gracias a ese sistema.

IAR: Mucho, no sé.

HS: Por favor comente en el aumento en el gasto de agua mensual desde que el sistema se ha implementado.

IAR: Pues fue un 30 %.

HS: Platíqueme por favor si este proyecto ha sido de su agrado y cuáles son las cosas que le han parecido agradables, en caso de haberlas.

IAR: No. Sí ha sido de mi agrado, porque bajó la temperatura aquí adentro de la casa mientras se implementó la chimenea solar.

HS: ¿Hay algo que no le haya gustado mucho sobre este proyecto?

IAR: Pues lo que no me gusto fue hacer el hoyo (risas).

HS: La chimenea.

IAR: La chimenea, porque, como te digo, la casa no estaba acondicionada para eso; se tuvo que hacer.

HS: Expresé su opinión acerca de llevar a cabo un proyecto que es amigable con el medio ambiente.

IAR: No lo entiendo.

HS: O sea usted, en este caso, fue partícipe de un proyecto amigable con el medio ambiente porque utiliza las plantas regionales endémicas. Entonces, ¿cómo se siente usted con respecto a que este tipo de proyectos se lleven a cabo con mayor frecuencia?

IAR: No, pues sería muy bueno que se implementara en todas las casas, porque se iba a arborizar todas las casas. Hubiera más “pulmón” para el planeta, aparte de refrescar tu casa. Para el planeta sería magnífico que todos tuviéramos muchas plantas en nuestras casas... y árboles.

HS: Bueno, pues...la entrevista termina aquí. Muchas gracias.



## 8.5 Diario de campo

**Domingo 11 de octubre de 2015**

**4 p.m.**

Me dispongo a programar los medidores de temperatura y humedad que serán utilizados dentro del proyecto de obtención de grado. Éstos medidores son dispositivos *datalogger* de la marca: “Extech”, categoría: “Instrument” modelo: “RTH10”, y el software que los programa e interpreta por medio de archivos de Excel y gráficas se llama RTH10.

**4:10 p.m.**

Los dispositivos fueron programados para realizar una medición cada hora durante las 24 horas del día, los dos se encuentran funcionando en perfecto estado. Uno de ellos fue colocado en el exterior de la casa, en donde en un futuro cercano irá el jardín con el que se pretende obtener una disminución considerable en la temperatura mediante la interacción de las plantas en sus distintos estratos y el fenómeno de evapotranspiración; el segundo medidor está ubicado en el centro de la casa en la primera planta para medir la temperatura interior en el proyecto así como sus respectivas variaciones una vez realizada la estrategia bioclimática que comprende el proyecto.

Los dispositivos fueron rotulados como “INT” (Dispositivo que medirá el interior del proyecto) y “EXT” (el que medirá el exterior).

**Lunes 9 de noviembre de 2015**

**10:40 p.m.**

Debido a la distancia existente entre el proyecto (Culiacán, Sinaloa) y Tlaquepaque, se pidió la ayuda de un usuario de la casa en donde se encuentran los dispositivos *datalogger* que miden temperatura y humedad relativa en la casa donde será aplicado el proyecto, que reuniera los dos dispositivos y procediera a descargar la información, para después ser enviada por email y poder ser interpretada por el autor de este trabajo.

El procedimiento se realizó de la siguiente manera: en conversación mediante el teléfono, primeramente, se pidió encender la computadora y reunir los dos dispositivos *datalogger* para su vaciado de información; una vez encendida la computadora, se solicitó al usuario que abriera el software previamente instalado

DHT10, una vez abierto el programa se conectó el dispositivo que mide la temperatura exterior (EXT) y se le solicitó seleccionara la opción “Connect”; realizado esto, se abrió una nueva ventana en donde se seleccionó la opción “Download data” –aquí, el software abre una leyenda que advierte que si se descargan las mediciones el dispositivo interrumpirá sus mediciones hasta ser reprogramado-, se aceptó la opción mencionada y después se guardó el archivo que contenía las mediciones; una vez guardado el archivo que contiene las mediciones, el software abre una ventana en donde menciona la cantidad de mediciones que ha tenido el dispositivo, en este caso se tuvo un registro por cada hora durante casi un mes, desde el 12 de octubre de 2015 a las 4 am, hasta el 9 de noviembre de 2015 a las 10 pm, dando un total de 691 mediciones; guardado el archivo, el software da la opción para ver la gráfica del comportamiento de la temperatura y de la humedad relativa; descargado el archivo que contiene el registro de las mediciones, se solicitó cerrar el programa y expulsar el dispositivo apropiadamente del puerto USB; como acto seguido, se realizó exactamente el mismo procedimiento con el dispositivo encargado de medir temperatura y humedad relativa del interior de la casa (INT); finalmente, los dos archivos se nombraron con la fecha y su función, es decir, “INT 2015 11 09” y “EXT 2015 11 09” y se enviaron por email al autor para su interpretación y reproducción en este documento.

### **11:50 p.m.**

Se le solicitó al usuario que realizara el siguiente procedimiento: la reprogramación de ambos dispositivos para que empiecen a medir a partir del día de hoy simultáneamente.

Primero, se requirió que se corriera el software RHT10 para la reprogramación de los dos dispositivos. Una vez abierto el software se conectó el dispositivo “EXT” y se seleccionó la opción “Connect”, conectado el dispositivo y abierta la nueva ventana resultante, se seleccionó la opción “Logger setup” y se abrió una nueva ventana. Se le pidió al usuario ayudante que en esta ventana seleccionara la opción “manual” y no “instant”, pues la opción *manual* permite activar la medición manualmente exactamente en el momento en que se desee, al hacerlo mediante “*instant*” el dispositivo comienza a medir una vez programado, sin empezar a una hora en específico sino al instante, lo que hace que se produzca un desfase entre los dos registros que se obtienen debido a los dispositivos, por lo que al hacerlo manual permite que los dos dispositivos sean activados simultáneamente en un solo movimiento. Continuando con el procedimiento, el siguiente paso fue nombrar al dispositivo, en este caso y para utilidad de interpretación, se le nombró: “Exterior”. A continuación, en la opción “Sample points” se seleccionó el número máximo de

registros programables (16,000), por aquello de que el siguiente vaciado no pueda ser realizado a la brevedad. Lo siguiente por hacer fue: en la opción “Sample Rate(Sec)” se seleccionó la opción “1 hr”, de esta manera se programó al dispositivo para realizar una medición por hora, las 24 horas del día. Finalmente, se escogió dentro de la opción “LED Flash Cycle” la opción “30s” programando el flash que indica que el dispositivo está trabajando y tiene batería a que emita un flash cada treinta segundos. Hasta aquí la programación del dispositivo, existían otras opciones abajo que tenían que ver con las alarmas de altas y bajas temperaturas o altas y bajas tasas de humedad relativa, pero esas se dejaron con la configuración inicial, sin ser modificadas. Lo siguiente fue realizar el mismo procedimiento con el dispositivo que mide la temperatura y humedad relativa interior de la casa, esto fue realizado sin novedad.

## **Martes 10 de noviembre de 2015**

### **12:00 a.m.**

No terminado el proceso de reprogramación de dispositivos, el último paso faltante se realiza: se le pide al usuario que en este minuto (12:00 am) se opriman ambos botones iniciadores de medición de cada dispositivo durante tres segundos para que realicen mediciones simultáneas, esto emitió un flash en ambos dispositivos que comprobó el inicio de un nuevo ciclo de mediciones.

Al terminar la reprogramación, se le solicitó al usuario que reubicara los dispositivos en sus puntos clave de medición: el dispositivo que mide temperatura y humedad relativa exterior está ubicado en el patio a un lado de la puerta de acceso sobre la pared, y el interior se ubicó nuevamente en el centro de la sala comedor, que físicamente es el centro de la primera planta.

### **1:00 p.m.**

Se realiza la entrevista a la persona experta en bioclimatismo y arquitectura, el M. Francisco Álvarez Partida, y a continuación se muestra la transcripción de esta entrevista:

## **Domingo 24 de abril de 2016**

**5:00 p.m.**

Se compró un nebulizador de agua, con la finalidad de ser instalado en el patio de la casa huésped del proyecto y que proporcione mayor humedad y un descenso térmico dentro del microclima a desarrollar.

## **Jueves 7 de Julio de 2016**

**9:00 p.m.**

Se tiene una reunión con el Arq. Adrián Eduardo Urías Zamudio, quien será encargado de brindar el personal de construcción de la chimenea solar y brindar los contactos necesarios para la compra de todo el material a utilizar en dicha obra. En la reunión, el arquitecto brindó su experiencia para las cantidades de material a comprar y utilizar, y los precios aproximados, para dar idea del costo de esta parte de la obra. La reunión se llevó a cabo exitosamente, siendo su aportación de gran importancia para la programación de la construcción de la obra.

## **Lunes 11 de Julio de 2016 (Lluvia de ideas)**

**8:30 p.m.**

Se tiene una reunión intelectual con el Ing. Eduardo Soberanes, el Mtro. Heriberto Soberanes en donde se tratan los siguientes temas:

- 10 Puntos de extracción de aire conectados a la chimenea solar.
- 11 Ubicación de chimenea solar.
- 12 Tipos de chimeneas solares a utilizar.
- 13 Materiales de construcción de chimenea solar.
- 14 Tipo de instalación y materiales de mallas sombras.

La reunión tiene una duración de dos horas en donde se comparten experiencias sobre chimeneas solares, sistemas de ventilación, ingeniería física, ingeniería termodinámica, y se distingue un error en el planteamiento original del punto de extracción único que tiene la chimenea solar proyectada, pues se omite el área de cocina al momento en que el flujo de aire es conducido del patio (zona A) hasta la segunda planta (zona B), en ningún momento atraviesa el área de cocina y eso la omite del flujo de intercambio de aire. Por lo que se propone tener un segundo punto de extracción ubicado dentro de la fachada sur de la casa, en el punto más alto en

el primer nivel en el área de la cocina, dando una trayectoria que abarca todo el primer nivel, desde el patio hasta la cocina. Este punto de extracción sería comunicado a la chimenea solar ubicada en el techo mediante ductos de aire.

Se propone que la chimenea solar, en lugar de utilizar vidrio para dejar pasar la luz del sol y calentar las superficies internas pintadas en negro de la misma para crear un ascenso térmico del aire contenido en la chimenea mediante convección, diferencia de presiones, el principio de Bernoulli y la ley de vasos comunicantes, se utilice metal en la construcción de la misma, para que este, no importa la orientación que se tenga en la chimenea, sea calentado por el sol y caliente el aire en su interior, manteniendo el mismo principio de la chimenea solar proyectada, pero potencializando el calor interno del aire, haciendo que esta chimenea metálica logre aun más succión que la anterior proyectada.

## **Martes 12 de Julio de 2016**

**8:30 p.m.**

Se tiene una nueva reunión con el Mtro. Heriberto Soberanes Lugo y se llama por teléfono al Mtro. Arq. Antonio Penagos Arenas, con la finalidad de converger ideas, diversificar puntos de vista con las nuevas modificaciones, y en esta reunión se ven los siguientes puntos:

- \* Clarificar cuál es el motor principal en una chimenea solar, es decir, la diferencia de presiones o la diferencia de temperaturas, ambas son producidas simultáneamente.
- \* La chimenea vertical no parece ser una alternativa viable para ser ubicada en una región cercana al trópico de Cáncer, mismo que se encuentra a aproximadamente 100 km. de la ciudad de Culiacán. Por lo que es importante examinar la posibilidad de utilizar otro tipo de chimenea solar, en la cual se tenga un cristal inclinado, favoreciendo a la incidencia solar que en este caso se encuentra casi en el cenit.
- \* Cómo bloquear la incidencia solar hasta dentro de la casa por la ubicación del vano con respecto a la chimenea vertical, en caso de ser utilizada.
- \* Una posible modificación en el diseño de la chimenea solar proyectada que tenga que ver con el calentamiento del aire mediante secciones metálicas orientadas al oriente y poniente ubicadas en las paredes de la chimenea solar.
- \* Utilización de un segundo punto de extracción en la cocina.
- \* Utilización de ductos exteriores, pudiendo ser o no aislados térmicamente.

\* Cambio de punto de extracción del área de escaleras, a la ventanilla del baño ubicado al este de la casa, ampliándolo y mediante ducto comunicar a la chimenea solar, se esa manera se aprovecha el vano en la pared y no se abre uno nuevo en la losa.

\* La opción de perforar la losa deja de ser atractiva al descubrir hoy más temprano que la casa tiene una orientación respecto al norte girada hacia la izquierda 25°.

### **Miércoles 10 de agosto de 2016**

**9:00 a.m.**

Se empiezan trabajos de albañilería para chimenea solar, se realizará la cimba con madera para hacer la dala que soportará el poco peso de la chimenea.

**12:00 p.m.**

Se realiza el vaciado de concreto para la cimbra.

### **Jueves 11 de agosto de 2016**

**9:00 a.m.**

Se empiezan a colocar las cimbras respectivas para colar los dos castillos principales que serán unidos mediante una trabe.

**1:30 p.m.**

Se hace el colado de castillos y trabe de la chimenea solar.

### **Lunes 12 de septiembre de 2016**

**9:00 a.m.**

Se empieza demolición parcial de losa, para el ducto de salida de la chimenea solar.

**10:20 a.m.**

Se termina demolición y comienzan acabados de yeso en las caras interiores de la losa.

## **Jueves 15 de septiembre de 2016**

### **8:00 a.m.**

Se hace corrección en malla sombra del patio y se retira el fijo que daba a la sección suroeste del patio.

### **9:00 a.m.**

Empiezan trabajos de tablarroca y Durock para construcción de chimenea solar.

## **Viernes 16 de septiembre de 2016**

### **10:00 a.m.**

Sin autorización, no se presentan a trabajar los encargados de tablarroca y Durock, lo que retrasa a la construcción de la chimenea solar un día.

## **Sábado 17 de septiembre de 2016**

### **9:00 a.m.**

Retoman trabajos de tablarroca y Durock para chimenea solar.

### **10:00 p.m.**

Se realizan trabajos de pintura en chimenea solar en área interna, para poder realizar la instalación del marco de aluminio y cristal al día siguiente.

## **Domingo 18 de septiembre de 2016**

### **4:00 a.m.**

La casa huésped de proyecto se inunda por fuertes lluvias y un descuido de pintores al tapar los accesos demolidos de la losa, se realizan trabajos de secado y limpieza de toda la casa las siguientes dos horas.



**6:00 a.m.**

Se realiza nuevamente pintado interno de chimenea y retoques finales por daños por lluvia hacia la pintura fresca.

**9:00 a.m.**

Se hace entrega de marco y cristal para instalación en chimenea solar, el cristal se acepta y el marco se regresa al proveedor, pues no cumple con las especificaciones requeridas, lo que retrasa un día al proyecto de construcción de chimenea.

**Lunes 19 de septiembre de 2016**

**9:40 a.m.**

Se realizan trabajos finales de instalación de Durock y acabados de la chimenea solar, que lleva en construcción aproximadamente un mes, pues la época de lluvias no permitió que fuera un proceso sencillo y rápido.

El traslado de plantas se realizará hoy mismo a partir de mediodía, el Jardín Botánico pide una colecta simbólica para el mismo propósito.

**12:00 p.m.**

Se reciben plantas por parte del Jardín Botánico de Culiacán para su instalación en el patio, y así comenzar con la medición de disminución térmica y aumento en Humedad Relativa que producen las plantas para el proyecto.

**1:00 p.m.**

Visito al Jardín Botánico de Culiacán para pagar la cuota de traspaso de plantas, y se me informa que algunas de las plantas solicitadas no pudieron ser aprobadas para el préstamo, pues ya formaban parte de un programa donde serían utilizadas y no estuvieron disponibles para nuestro proyecto. Ellos proponen compensar el número por otros ejemplares de otras especies, por lo que decido llamar al Dr. Saturnino Díaz, para hacer una selección extra a las previas.

Las nuevas plantas seleccionadas por el Dr. Díaz respecto a las posibles por prestar son las siguientes: “Clavellina”, “Ramón o Apomo”, “Rosa Amarilla”, “Heliconia” y “Ayale”.

Las plantas se quedan en espera de ser autorizadas para préstamo y no se llevan en el viaje general de plantas de traspaso.

#### **2:00 p.m.**

Se tiene una conversación con Erika Pagaza, directora del Jardín Botánico de Culiacán, para gestionar el nuevo préstamo extra al ya contemplado. Se recibe una negativa, pues las plantas seleccionadas ya forman parte de otro programa y se ve la posibilidad de prestar algunas, pero la probabilidad es mínima.

#### **2:30 p.m.**

Se realiza la entrega de plantas por parte del Jardín Botánico de Culiacán en un primer envío.

### **Martes 20 de septiembre de 2016 (Día 1 de experimento en Fase A)**

#### **10:30 p.m.**

Se realiza la instalación del marco de aluminio y el cristal.

#### **10:00 p.m.**

Se hace una evaluación cualitativa del sistema implementado y se concuerda en que el patio no ha producido un microclima considerable -sólo uno ligeramente fresco-, se sospecha que es por ausencia de riego y ausencia de movimiento de aire, pues el patio está ubicado en el norte de la casa y los vientos dominantes vienen desde el suroeste.

Hasta el momento se tiene una estrategia implementada que consta de los siguientes elementos: Chimenea solar en azotea; malla sombra en patio; plantas en patio; sistema de humidificación por brisa.

Al parecer la chimenea solar, que aún no se encuentra finalizada en su construcción -pues le falta el elemento de coronación metálica que tiene rejillas que sirven como respiradero-, no parece hacer la succión de aire caliente suficiente como para aspirar el microclima implementado en el patio. Algunas de las causas probables son: que la chimenea sí está generando succión de aire caliente, pero la malla sombra en patio, debido a la falta de ventilación, está generando un efecto invernadero que tiende a calentar el posible microclima implementado, por lo que el interior de la casa no parece cambiar significativamente en la percepción de los huéspedes. Además, las plantas en el patio están a 2 metros de distancia del acceso principal y no fueron regadas porque necesitan un riego cada dos días, mañana serán regadas a las 10 a.m. como sugirió el biólogo Saturnino Díaz, quien menciona que para obtener plantas evapotranspirantes con una eficiencia aproximada de 5 horas, las plantas se rieguen a las 8 a.m.; y, para tener una eficiencia de evapotranspiración de 8 horas, se rieguen a las 10 a.m. Las modificaciones que se harán se refieren a lo siguiente: acercar las plantas al acceso principal de succión de microclima, es decir, la puerta del patio; se tendrá un riego a las 10 a.m.; también se realizará una prueba de sensación epidérmica (mediante la piel) sobre el rendimiento de la chimenea, para esto se cerrarán todos los accesos de aire y sólo se abrirá una ventana que da a las escaleras, pues no tiene influencia de estar contenida dentro del patio, que no está recibiendo la ventilación mediante vientos dominantes por estar ubicado al norte y tener la malla sombra como escudo. 21 de septiembre de 2016 (Día 2 de experimento en Fase A)

#### **8:00 a.m.**

Se coloca un pequeño ventilador en el extremo norte del patio para estar generando una pequeña corriente que simula la ventilación ausente debido a la malla sombra, se esperarán resultados de dispositivo *datalogger* para ver si esto impacta positivamente en la generación del microclima del patio.

#### **10:00 a.m.**

Se hace un riego general de plantas en patio.

### **11:00 a.m.**

Se hace una prueba para verificar el funcionamiento de la chimenea. Para esto se cierran todas las puertas y ventanas de la casa y se abre solamente la ventana que está ubicada en las escaleras que da a la cara norte de la vivienda. Cabe mencionar que esta cara tiene muy poca ventilación debido a la colindancia, y la ventana que se evalúa queda por encima de la malla sombra del patio, que ha tenido queja por parte de los usuarios por la ausencia de ventilación, generando efecto invernadero.

La chimenea solar funciona, al abrir la ventana se notó mediante percepción sensorial térmica y capilar de las manos cómo el aire tiende a entrar en movimiento contrario al de los vientos dominantes ausentes en esa área.

### **2:30 p.m.**

Una de las personas huésped hace una queja sobre sentirse sofocada y con náuseas por efecto de la ausencia de ventilación, el calor y el exceso de humedad, pues la fase A del proyecto consta en cerrar todas las ventanas que dan al sur de la casa, manteniendo abiertas únicamente las del norte (en donde se ubican las plantas en esta etapa, es decir, hacia el patio), por otro lado menciona que la planta alta ha tenido un impacto positivo gracias a la chimenea solar, pues se siente fresca a comparación de cuando no se tenía implementada.

### **4:20 p.m.**

Un huésped distinto al anterior llega a la casa después de un trayecto considerable a pie por la ciudad, y menciona que la casa se siente fresca pero demasiado húmeda.

### **6:30 p.m.**

La chimenea solar queda finalizada y en completo funcionamiento.

### **9:20 p.m.**

Se instalan lonas laterales para funcionar como escudo solar en los muros de la cara este de la casa, el día de mañana se verán reflejados en las mediciones con los dispositivos *data logger* si su funcionamiento es correcto.

## **22 de septiembre de 2016**

### **8:30 a.m.**

Se retira protección escudo de muro debido a fuertes vientos y amenaza de lluvia. Por ser un día nublado se procede a abrir las ventanas de la fachada sur en planta baja para aprovechar la frescura de la mañana.

### **9:30 a.m.**

Se registra lluvia moderada y mucha nubosidad.

## **23 de septiembre de 2016 (Día 3 de experimento en Fase A)**

### **7:00 a.m.**

Se abre la puerta del patio. El patio se siente muy fresco en comparación con el interior de la casa.

### **7:30 a.m.**

Se coloca protección escudo de muro para evitar sobrecalentamiento de la pared este.

### **4:30 p.m.**

Se registra una lluvia moderada con una duración de 20 minutos aproximadamente.

### **5:50 p.m.**

Se tocan las paredes este para ver si la pared escudo de lona funcionó, parece ser que sí porque la pared está fresca, a comparación de otros días que no se tenía el escudo en donde estaban calientes a esta hora. También puede influir que el día está nublado, por lo que si mañana es soleado se tendrá un resultado más fiable.

### **6:30 p.m.**

Se cocinó y se calentó la planta baja.

**11:00 p.m.**

Los usuarios están en sus cuartos sin encender el aire acondicionado, pues la casa se siente fresca, que puede ser por la generación microclimática, por el clima nublado y lluvioso del día, o por ambas.

**11:30 p.m.**

La casa “duerme” con la puerta del patio abierta y las ventanas en planta baja de la cara sur de la casa.

**24 de septiembre de 2016 (día 4 de experimento en Fase A)**

**6:30 a.m.**

Se cierra ventana de cochera (cara sur), y se pone un ventilador que funcionará como extractor todo el día, ubicado en la ventana de cocina.

**9:30 a.m.**

La planta baja se siente fresca, pero no lo que se hubiera esperado, el higrómetro marca 28 °C y 80% de humedad.

**5:10 p.m.**

Se registra lluvia moderada y el cielo anuncia tormenta.

**6:10 p.m.**

La lluvia cesa.

**9:00 p.m.**

La lluvia vuelve y se mantiene toda la noche de una manera muy moderada.

## **25 de septiembre de 2016 (día 5 de experimento en Fase A)**

### **12:00 a.m.**

Se encienden dos ventiladores en el patio (extremo norte y extremo sur del patio), ambos apuntando hacia el interior de la casa para simular viento dominante.

### **8:40 a.m.**

Se enciende un ventilador en cocina apuntando hacia la ventana para funcionar como extractor y generar el viento cruzado en la casa.

### **4:00 p.m.**

Se hacen comentarios de los usuarios donde describen su percepción sensorial dentro de la zona de confort, al parecer, aunque el día ha sido nublado en parte de la mañana y el medio día, el día se despeja alrededor de las 3 p.m. y la casa ha seguido fresca. Al parecer la estrategia de generar una ventilación cruzada mediante ventiladores simulando a los vientos dominantes está dando buenos resultados.

### **6:00 p.m.**

El día es soleado, no muy caliente pero definitivamente se siente como si la casa tuviera un sistema de acondicionamiento de aire encendido, cuando sólo se tiene el experimento funcionando.

### **10:00 p.m.**

Se colocan diversas lonas en azotea funcionando como techo escucho para evitar que los materiales constructivos se calienten debido a su inercia térmica, con esto el proyecto queda completo en la instalación de todos sus componentes.

## **26 de septiembre de 2016**



**8:25 a.m.**

Se acomoda un cuarto ventilador en funcionamiento en el extremo norte del patio, los otros tres se localizan en: extremo norte del patio, extremo sur del patio y en la cocina, todos apuntan al sur.

**8:45 a.m.**

Se hace un riego general de 1 minuto, sólo buscando un descenso térmico mediante evapotranspiración.

**12:45 p.m.**

Se apaga el ventilador que se colocó a las 8:25 de hoy por producir un impacto negativo térmico en cuestiones de generación climática percibida.

**4:10 p.m.**

Se cocina a fuego alto durante dos horas y eso tiene un impacto en la temperatura de la casa.

**7:00 p.m.**

Se recibe a Erika Pagaza, directora del Jardín Botánico de Culiacán, para que sea testigo de la implementación del proyecto. Erika sugiere incrementar la concentración de plantas en el patio y se compromete a traer mañana una nueva dotación para subir del 75% al 85% de concentración.

**27 de septiembre de 2016**

**12:00 a.m.**

Los ventiladores se pusieron en la primera velocidad para crear una corriente de aire más moderada y, con eso, intentar generar mayor efecto de disminución térmica mediante las plantas.

**2:50 p.m.**

Se abre puerta del estudio, se encontraba fresco.

**8:00 p.m.**

Se hace cambio de fase. Comienza Fase B y se mueven todas las plantas del patio a la cochera.

**28 de septiembre de 2016**

**9:00 a.m.**

Se observa poca luz dentro de la casa.

**29 de septiembre de 2016**

**1:00 a.m.**

Se abren los accesos de aire (ventanas y puertas) de la cara norte de la casa en planta bajo, es decir, baño, cuarto de estudio y puerta de patio.

**1:00 p.m.**

Se pasó el dispositivo *data logger* del patio hacia la cochera.

**30 de septiembre de 2016 (día 1 de experimento en Fase B)**

**12:00 a.m.**

Se tienen las plantas ubicadas en la Zona D del proyecto (cochera, ubicada al sur de la casa), estas plantas, por ser un área más chica y ser el mismo número de plantas que se tenía en patio, alcanzan una densidad del 90% en esta nueva zona (Zona D).

### **1 de octubre de 2016 (día 2 de experimento en Fase B)**

**12:00 a.m.**

Se coloca ventilador en ventana de la cochera, exterior y orientado hacia el interior de la casa en su primera velocidad.

**12:00 p.m.**

Se sufre estrés térmico en los usuarios de la casa, la sala y cocina se sienten calientes.

### **2 de octubre de 2016**

**12:00 a.m.**

Se varia la colocación del ventilador de cochera, se incrementa su velocidad al número dos.

**12:30 p.m.**

Por error permaneció cerrada la puerta del patio desde las 4 a.m.

**2:00 p.m.**

Se sufre de estrés térmico en toda la Zona B.

### **3 de octubre de 2016 (día 3 de experimento en Fase B)**

**12:00 a.m.**

Se ha colocado un único ventilador tras las plantas (al sur de las plantas) en velocidad 1, apuntando hacia el interior de la casa mediante la ventana de sala.

**4:00 a.m.**

Se observan mejores resultados en confort en sala.

En intento de explicación, se evaluó ventilador como aspirador (caso de ayer) versus ventilador como propulsor (caso de hoy). El ventilador como propulsor resultó 5 veces más potente que como aspirador.

**19:00 p.m.**

Se retiró el ventilador de 7:00 p.m. a 12:00 a.m.

**4 de octubre de 2016**

**12:00 a.m.**

Ventilador detrás de plantas se aumenta a velocidad 2.

**7:00 p.m.**

Se abre ventana de cocina para ventilar malos olores.

**5 de octubre de 2016 (día 4 de experimento en Fase B)**

**12:00 a.m.**

Se ubican dos ventiladores: uno tras las plantas y el otro frente a ellas, ambos apuntando hacia el interior de la casa y en velocidad 1.

**6 de octubre de 2016 (día 1 de experimento en Fase C)**

**7:00 a.m.**

Se encendió ventilador extractor hacia el patio

### **12:00 p.m.**

Se tiene una reunión con un biólogo encargado que envía el botánico, el Dr. José Saturnino Díaz, y personal del vivero del Jardín Botánico para seleccionar nuevas especies con las que cuenta el vivero e incorporarlas a la Fase D del proyecto en donde la concentración vegetal en el patio crece de un 70% a un 90%. Las plantas seleccionadas fueron: Tabachín (10), Plumeria o Jacaloxochilt (10), Venadillos (10), Lluvia de oro (10), Guamúchil (10), Clavelina (5), Apomo (5), Teléfonos (15), Wedelia (60), y Espárrago (50).

### **2:30 p.m.**

Se siente estrés térmico en los huéspedes.

Llegan nueva dotación de plantas por parte del Jardín Botánico de Culiacán, anteriormente programada.

### **20:30 p.m.**

Se cancela la fase C y se pasa directamente a la fase D, en donde la concentración de biomasa se aumenta de aproximadamente el 70% hasta el 90%.

Se mueven todas las plantas al patio (existentes en cochera, y las recién llegadas)

## **7 de octubre de 2016 (día 1 de experimento en Fase D)**

### **12:00 a.m.**

Todas las plantas en patio conforman una densidad del 90%, se colocan 2 ventiladores en su primera velocidad en los extremos noreste y noroeste del patio (Zona A), se ubica un ventilador al sur del patio que funciona como impulsor de aire hacia la Zona B y uno más en la cocina (Zona B) funcionando como extractor de aire.

## **8 de octubre de 2016 (día 2 de experimento en Fase D)**

**10:00 a.m.**

Se hace un riego general de plantas, se reubican los ventiladores apuntando hacia la puerta del patio, siguen funcionando los interiores (Zona B).

**4:30 p.m.**

La casa se “siente” fresca, hay sensación de confort en sus usuarios.

## **9 de octubre de 2016 (día 3 de experimento en Fase D)**

**2:40 p.m.**

Se hace un riego de follaje de plantas, no de raíces.

**12:20 p.m.**

Se humidifica el patio manualmente durante 1 minuto y con el sistema de brisa durante 2 minutos.

**1:30 p.m.**

Ventilador extractor de cocina se aumenta a velocidad 2.

## **10 de octubre (día 4 de experimento en Fase D)**

**12:00 a.m.**

4 ventiladores encendidos

**10:30 a.m.**

Se apagan los ventiladores de acceso y extractor a la casa. Esto con la intención de mantener la casa

**2:00 p.m.**

Se registran fuertes vientos.

**6:00 p.m.**

Se ha sentido confort térmico todo lo que va del día.

**7:45 p.m.**

Se encienden los dos ventiladores, de acceso y extractor.

**11 de octubre de 2016 (día 5 de experimento en Fase D)**

**12:00 a.m.**

Se apagan 2 ventiladores (el de propulsión de aire hacia el interior y el extractor)

**9:00 a.m.**

Se cierra ventana de cocina.

**10:30 a.m.**

Riego general en patio.

**12 de octubre de 2016 (día 6 de experimento en Fase D)**

**1:00 a.m.**

Riego de follaje de plantas, se encienden dos ventiladores (ventilador introductor de aire hacia Zona B, ventilador extractor)



8.6 Tabla de observables

SITUACIÓN PROBLEMA	SUPUESTO	PREGUNTAS PROBLEMATIZADORAS		OBJETIVOS	CONCEPTOS ORDENADORES	OBSERVABLES ESPECÍFICOS	TÉCNICA
La mayor parte de la población de Culiacán, Sinaloa, se encuentra fuera de la zona de <i>confort térmico</i> dentro de sus viviendas, esto provoca una utilización excesiva de sistemas de aire acondicionado electromecánicos convencionales, que impactan negativamente al medio ambiente, por lo que es necesario un sistema alterno que utilice tecnología limpia para disminuir este problema.	Para reducir las altas temperaturas que se registran dentro de las viviendas de Culiacán, se ha generalizado el uso de sistemas electromecánicos de reducción térmica que contribuya a la sensación de <i>confort</i> dentro de la vivienda. Si se desarrollara un sistema alternativo eco-eficiente que redujera la temperatura ambiente interior por medio de las plantas, disminuiría la necesidad de utilizar sistemas convencionales de aire acondicionado excesivamente.	Principal	General	Desarrollar un sistema natural que logre una reducción térmica por medio del manejo de microclimas producidos por medio de evapotranspiración vegetal y estrategias activas y/o pasivas dentro de un diseño integral arquitectónico, e identificar sus principios de diseño y funcionamiento para ser implementado en una vivienda ubicada en la ciudad de Culiacán, Sinaloa, contribuyendo de tal manera, al confort de sus inquilinos, sin causar impacto ecológico.			
		Secundarias	Particulares				
		¿Qué características deben cumplir las plantas que son efectivas a la generación microclimática para espacios domésticos?	Detallar las características que deben cumplir las plantas que son efectivas en la generación microclimática para espacios domésticos.				
		¿Qué especies de plantas endémicas son las más efectivas en la generación microclimática para espacios domésticos?	Identificar las especies de plantas endémicas consideradas las más efectivas en la generación microclimática para espacios domésticos.				
		¿Qué especies de plantas no endémicas son las más efectivas en la generación microclimática en espacios domésticos?	Identificar las especies de plantas no endémicas que son consideradas las más efectivas en la generación microclimática para espacios domésticos				
		¿Qué especies de plantas no endémicas eficientes en generación microclimática son adaptables a las características climatológicas y topográficas de Culiacán?	Descubrir qué especies de plantas no endémicas y eficientes en la generación microclimática son adaptables a las características climatológicas y topográficas de Culiacán, Sinaloa.				
		¿Es necesaria la implementación de fertilizantes en el proceso de implementación y/o a lo largo de la vida útil del sistema?	Mencionar si se necesitará la implementación de fertilizantes en el proceso de implementación y/o a lo largo de la vida útil del sistema.				
		¿Es necesaria la implementación de pesticidas o plaguicidas en el proceso de implementación del sistema?	Señalar si es necesaria la implementación de pesticidas o plaguicidas en el proceso de implementación del sistema				
		¿Qué cantidad de agua para riego necesita el sistema?	Dimensionar la cantidad de agua que será utilizada para riego del sistema				
		¿Qué sistemas alternos de riego pueden ser aplicados dentro de este sistema?	Identificar los sistemas alternos de riego que pueden ser aplicados dentro de este sistema				
		En caso de ser necesarios; ¿qué tipo de fertilizantes se deben implementar?	En caso de ser necesarios, mencionar los tipo de fertilizantes a implementar				
		En caso de ser necesarios; ¿qué tipo de pesticidas son necesarios para la vegetación a implementar?	En caso de ser necesarios, mencionar los tipo de pesticidas a implementar				
		¿Qué tipo de abono se necesita para que el sistema se encuentre en óptimas condiciones?	Mencionar el tipo de abono necesario para el funcionamiento óptimo del sistema				
		¿Cuál es la frecuencia en que se tiene que dar abono a las plantas?	Describir la frecuencia en que se tiene que dar abono a las plantas				
		¿Qué tipo de mantenimientos necesita el sistema?	Describir el tipo de mantenimiento necesario para el funcionamiento óptimo del sistema				
		¿Qué factores arquitectónicos favorecen a la implementación del sistema de acondicionamiento propuesto?	Identificar los factores arquitectónicos favorecen a la implementación del sistema de acondicionamiento propuesto.		1. Estudios botánicos	1.1 Características de plantas efectivas a la generación microclimática en espacios domésticos.	Entrevista   Revisión documental
		¿Qué factores arquitectónicos favorecen a las fluctuaciones térmicas dentro de la vivienda?	Identificar los factores arquitectónicos que favorecen a las fluctuaciones térmicas dentro de la vivienda.			1.2 Especies de plantas endémicas más efectivas en generación microclimática.	Entrevista   Revisión documental
						1.3 Especies de plantas no endémicas más efectivas en la generación microclimática.	Entrevista   Revisión documental
						1.4 Especies no endémicas eficientes en generación microclimática aptas para características territoriales de Culiacán.	Entrevista   Revisión documental
						1.5 Implementación de fertilizantes.	Entrevista   Revisión documental
						1.6 Implementación de pesticidas.	Entrevista   Revisión documental
						1.7 Descripción de cantidad de agua a utilizar.	Entrevista   Revisión documental
						1.8 Sistemas alternos de riego.	Entrevista   Revisión documental
						1.9 Tipos de fertilizantes.	Entrevista   Revisión documental
						1.10 Tipos de pesticidas.	Entrevista   Revisión documental
						1.11 Abono.	Entrevista   Revisión documental
						1.12 Frecuencia de abono a plantas.	Entrevista   Revisión documental
						1.13 Mantenimiento.	Entrevista   Revisión documental
				2. Aspectos arquitectónicos		2.1 Factores arquitectónicos favorecedores.	Entrevista   Revisión documental
						2.2 Factores arquitectónicos favorecedores de cuestiones térmicas.	Experimento
¿Cuál es la estrategia(s) a utilizar para conducir el(los) micro-clima(s) generado(s) hacia el interior de la vivienda?		Describir la estrategia(s) a utilizar para conducir el(los) micro-clima(s) generado(s) hacia el interior de la vivienda	Identificar posibles sistemas complementarios a considerar para agilizar la conducción micro-climática hacia el interior de la vivienda	3. Estrategias de funcionamiento óptimo		3.1 - Conducción de el(los) micro-clima(s) generado(s).	Lluvia de ideas   Revisión documental   Entrevista
						3.2 - Sistemas complementarios de conducción microclimática.	Lluvia de ideas
		¿Qué otros sistemas complementarios se pueden considerar para exaltar la reducción térmica buscada?	Detallar los sistemas complementarios que pudieran considerarse para exaltar la reducción térmica buscada			3.3 - Sistemas complementarios de exaltación en reducción térmica.	Entrevista   Revisión documental
¿Qué comportamiento térmico tiene la casa sin tener el sistema implementado?		Describir el comportamiento térmico de la casa sin tener el sistema implementado		4. Eco-eficiencia		4.1 Comportamiento térmico de la casa sin el sistema implementado	Observación directa
		¿Qué comportamiento térmico tiene la casa teniendo el sistema implementado?				4.2 Comportamiento térmico de la casa con el sistema implementado	Observación directa
		¿Cuántos grados centígrados reducen las plantas implementadas, sin el complemento de estrategias arquitectónicas?	Describir cuántos grados centígrados reducen las plantas implementadas, sin el complemento de estrategias arquitectónicas.			4.3 Eficiencia del sistema.	Observación directa
		¿Cuántos grados centígrados reducen las plantas con el complemento de estrategias arquitectónicas?	Definir cuántos grados centígrados reducen las plantas implementadas con el complemento de estrategias arquitectónicas.			4.4 Eficiencia del sistema en conjunto con estrategias arquitectónicas.	Observación directa
¿Qué costo representa implementar el sistema?		Desglosar el costo que representa implementar el sistema		5. Costos económicos		5.1 Costo de implementación del sistema.	Entrevista
		¿Cuál es el costo-beneficio resultante de implementar este sistema?				5.2 Costo-beneficio	Entrevista   Observación directa
¿Qué opinan los huéspedes de la casa que tiene implementado el sistema?		Exponer la opinión de los huéspedes de la casa que tiene el sistema implementado		6. Opiniones		6.1 Opinión de huéspedes de casa 1	Entrevista

Tabla 75. Tabla de observables. Fuente: propia

## 8.7 Acervo fotográfico

- 8.7.1 Situación original de la casa



**Imagen G02:** Patio donde se implementarán las plantas endémicas para reducir la temperatura mediante evapotranspiración. Fuente: propia



**Imagen G3:** Azotea donde se implementará una chimenea solar y distintas estrategias de arquitectura integral. Fuente: propia

- **Desarrollo del proyecto**



**Imagen H01.** Instalación de bastidor metálico para recibir malasombra retráctil. Fuente: propia

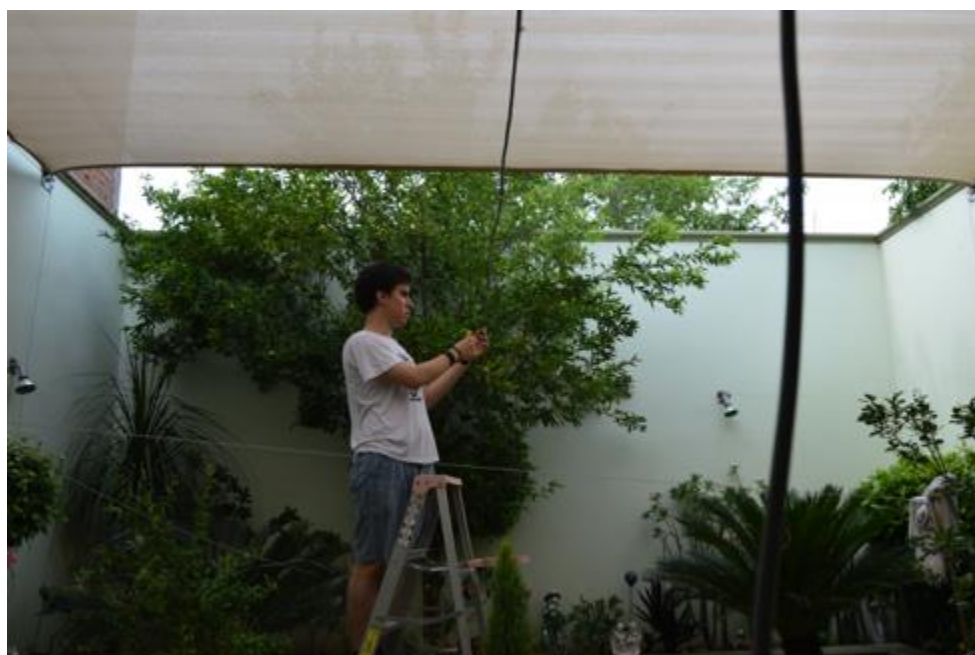


**Imagen H02.** Tipo de instalación para convertir la malla sombra fija a retráctil. Fuente: propia





**Imagen H03.** Instalación de malla sombra retráctil. Fuente: propia



**Imagen H04.** Instalación de sistema de humidificación mediante brisa. Fuente: propia



**Imagen H05.** Prueba de funcionamiento de sistema de humidificación por brisa. Fuente: propia



**Imagen H06.** Inicio de construcción de chimenea solar, cimbra para dala de cerramiento.

Fuente: propia



**Imagen H07.** Cimbra para colado de castillos y trabe de chimenea solar. Fuente: propia



**Imagen H08.** Perforación de losa para crear ducto de salida de aire caliente hacia la chimenea.  
Fuente: propia





**Imagen H09.** Acabados interiores en la perforación de losa. Fuente: propia



**Imagen H10.** Inician trabajos de tablarroca y Durock en chimenea solar. Fuente: propia



**Imagen H11.** Instalación de paneles internos aislantes de poliestireno de 2" de grosor de alta densidad. Fuente: propia



**Imagen H12.** Forrado con panel de exterior "Durock". Fuente: propia





**Imagen H13.** Acabados exteriores a base de pasta marca “Basecoat”. Fuente: propia



**Imagen H14.** Colocación de lámina galvanizada al interior de chimenea solar. Fuente: propia



**Imagen H15.** Trabajos de pintura interior antes de recibir al marco de aluminio y cristal en chimenea solar. Fuente: propia



**Imagen H16.** Colocación de marco de aluminio en chimenea solar. Fuente: propia



**Imagen H17.** Colocación de cristal de chimenea solar. Fuente: propia



**Imagen H18.** Sellado con silicón para el correcto funcionamiento de chimenea. Fuente: propia



**Imagen H19.** Colocación de respiradero metálico de chimenea solar. Fuente: propia



**Imagen H20.** Chimenea solar finalizada. Fuente: propia





**Imagen H21.** Patio, antes de recibir plantas. Fuente: propia



**Imagen H22.** Plantas con densidad del 70% en patio. Fuente: propia



**Imagen H23.** “Pared escudo” ubicada al este a base de lonas de 3.60 x 4.80 m. Fuente: propia



**Imagen H24.** Distanciamiento de 30 cm entre “Pared escudo” y pared este. Fuente: propia



**Imagen H25.** Malla sombra en cochera para Fase B y Fase C del proyecto. Fuente: propia



**Imagen H26.** Techo escudo. Fuente: propia





**Imagen H27.** Plantas con densidad del 90%. Fuente: propia



**Imagen H28.** Heriberto Soberanes (extremo izquierdo) y Saturnino Díaz (extremo derecho) con personal del Jardín Botánico de Culiacán. Fuente: propia



### 8.7.2 Dispositivos de medición *datalogger*

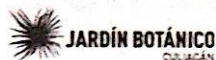


**Imagen I01.** Dispositivo ExTech RHT10 USB programable para medir temperatura y humedad relativa automáticamente. Fuente: propia



**Imagen I02.** Dispositivo GB Termo-higrómetro, mide temperatura externa e interna de un lugar, no es programable ni guarda información. Fuente: propia

## 8.8 Documentos responsivos por préstamo de plantas



Culiacán, Sinaloa a 19 de Septiembre de 2016

Arq. Heriberto Soberanes Arredondo:  
Presente

En atención a su solicitud de préstamo de plantas para realizar su trabajo como estudiante de maestría del ITESO, le comunico que estas fueron seleccionadas conforme las características que nos proporcionó (tamaño y cantidad) para realizar su experimento, los individuos solicitados tendrán que ser regresados en las mismas condiciones al finalizar su trabajo, se le brindaran las recomendaciones para su adecuado mantenimiento, si hubiese daño intencional o accidental que cause pérdida o muerte de algún ejemplar se hará responsable de cubrir el costo del mismo.

A continuación se agrega el monto económico equivalente de los ejemplares brindados en calidad de préstamo.

CANTIDAD	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
8	<i>Adonia merrillii</i>	Palma kerpis	\$ 800.00	\$ 6,400.00
25	<i>Codiaeum variegatum</i>	Croto petra	\$ 45.00	\$ 1,125.00
25	<i>Codiaeum variegatum</i>	Croto tirabuzon	\$ 50.00	\$ 1,250.00
16	<i>Dyopsis lutescens</i>	Palma areca	\$ 90.00	\$ 1,440.00
2	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Guanacastle	\$ 150.00	\$ 300.00
10	<i>Epipremnum aureum</i>	Telefono	\$ 40.00	\$ 400.00
7	<i>Handroanthus impetiginosus</i>	Amapa rosa	\$ 150.00	\$ 1,050.00
8	<i>Monstera deliciosa</i>	Piñanona	\$ 60.00	\$ 480.00
5	<i>Nephrolepis exaltata</i>	Helecho boston	\$ 60.00	\$ 308.00
1	<i>Phytocelllobium dulce</i>	Guamuchil	\$ 100.00	\$ 100.00
1	<i>Prosopis chilensis</i>	Mezquite	\$ 250.00	\$ 250.00
25	<i>Tradescantia zebrina</i>	Sin vergüenza	\$ 25.00	\$ 625.00
15	<i>Xanthosoma robustum</i>	Mafafa	\$ 80.00	\$ 1,200.00
				\$ 14,928.00

Atte.

P. Gómez V.

Biol. Paúl Alán Gómez Villegas  
Responsable de Vivero de Reproducción  
Jardín Botánico Culiacán

Culiacán, Sinaloa a 06 de Octubre de 2016

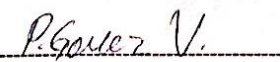
Arq. Heriberto Soberanes Arredondo:  
Presente

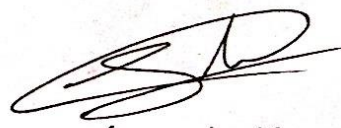
En atención a su solicitud de préstamo de plantas para realizar su trabajo como estudiante de maestría del ITESO, le comunico que estas fueron seleccionadas conforme las características que nos proporcionó (tamaño y cantidad) para realizar su experimento, los individuos solicitados tendrán que ser regresados en las mismas condiciones al finalizar su trabajo, se le brindaran las recomendaciones para su adecuado mantenimiento, si hubiese daño intencional o accidental que cause pérdida o muerte de algún ejemplar se hará responsable de cubrir el costo del mismo.

A continuación se agrega el monto económico equivalente de los ejemplares brindados en calidad de préstamo.

CANTIDAD	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	PRECIO UNITARIO	COSTO TOTAL
6	<i>Brosimum alicastrum</i>	apomo	\$ 130,00	\$ 780,00
11	<i>Pseudobombax ellipticum</i>	Clavellina	\$ 150,00	\$ 1.650,00
50	<i>wedelia trilobata</i>	wedelia	\$ 6,00	\$ 300,00
10	<i>Swietenia humilis</i>	venadillo	\$ 100,00	\$ 1.000,00
7	<i>Laburnum anagyroides</i>	lluvia de oro	\$ 120,00	\$ 840,00
10	<i>Delonix regia</i>	Tabachin	\$ 200,00	\$ 2.000,00
25	<i>Spring meyeri</i>	esparrago	\$ 35,00	\$ 875,00
10	<i>Epipremnum aureum</i>	telefono	\$ 60,00	\$ 600,00
10	<i>Plumeria rubra</i>	jacaloxochilt	\$ 200,00	\$ 2.000,00
10	<i>Handroanthus impetiginosus</i>	amapa	\$ 150,00	\$ 1.500,00
2	<i>Dypsis lutescens</i>	Areca	\$ 90,00	\$ 90,00
10	<i>Phytocellobium dulce</i>	Guamuchil	\$ 100,00	\$ 1.000,00
				<b>\$ 12.635,00</b>

Atentamente

  
Biol. Paúl Alán Gómez Villegas  
Responsable de Vivero de Reproducción  
Jardín Botánico Culiacán

  
06/09/2016



## 8.9 Datos para la selección del Día Caluroso Tipo (DCT)

ESTACIÓN METEOROLÓGICA				ZONA A		ZONA B		ZONA C	
FECHA	HORA	°C con FC	HR%	°C	HR%	°C	HR%	°C	HR%
01/07/2016	12:00 a. m.	27.9	75.4	30.6	63.6	31.6	65	n/d	n/d
01/07/2016	01:00 a. m.	27	82.3	30.3	67.3	31.6	66	n/d	n/d
01/07/2016	02:00 a. m.	26.9	82.1	29.9	67.1	31.6	65.6	n/d	n/d
01/07/2016	03:00 a. m.	26.6	84.5	29.8	68.2	31.6	65.3	n/d	n/d
01/07/2016	04:00 a. m.	26.5	84.2	29.6	68.4	31.5	65.1	n/d	n/d
01/07/2016	05:00 a. m.	26.7	84.2	29.5	69.5	31.5	65.4	n/d	n/d
01/07/2016	06:00 a. m.	27	82.8	29.4	68.8	31.5	65.3	n/d	n/d
01/07/2016	07:00 a. m.	27.7	79.4	29.8	68.5	31.4	64.9	n/d	n/d
01/07/2016	08:00 a. m.	30.5	68.2	31	64.6	31.4	63.8	n/d	n/d
01/07/2016	09:00 a. m.	32.2	62.8	32.1	61.6	31.4	63.3	n/d	n/d
01/07/2016	10:00 a. m.	33.3	59.3	33.1	59.5	31.7	64.2	n/d	n/d
01/07/2016	11:00 a. m.	34.5	55.5	33.2	58.7	31.5	64.6	n/d	n/d
01/07/2016	12:00 p. m.	36.2	49.1	34.5	53.8	31.5	64.1	n/d	n/d
01/07/2016	01:00 p. m.	37	45.7	35.8	48.4	31.8	60.4	n/d	n/d
01/07/2016	02:00 p. m.	37	48.5	36	51.6	31.9	62.4	n/d	n/d
01/07/2016	03:00 p. m.	36.2	46.6	36	47.2	32	61	n/d	n/d
01/07/2016	04:00 p. m.	36.1	46.2	35.8	46.9	32	59.4	n/d	n/d
01/07/2016	05:00 p. m.	34.5	48.7	34.3	49.4	32.1	60	n/d	n/d
01/07/2016	06:00 p. m.	32.6	57.2	33.4	54.1	32	60.8	n/d	n/d
01/07/2016	07:00 p. m.	31.6	61.4	32.9	56.8	32	62.3	n/d	n/d
01/07/2016	08:00 p. m.	30.9	61.7	32.5	56.3	32	62.4	n/d	n/d
01/07/2016	09:00 p. m.	30.6	59.4	32.3	54.5	31.9	61.2	n/d	n/d
01/07/2016	10:00 p. m.	30.3	62.9	32.1	57.1	31.9	61.5	n/d	n/d
01/07/2016	11:00 p. m.	29.9	64.7	32.4	56	32	62.1	n/d	n/d

ESTACIÓN METEOROLÓGICA				ZONA A		ZONA B		ZONA C	
FECHA	HORA	°C con FC	HR%	°C	HR%	°C	HR%	°C	HR%
07/07/2016	12:00 a. m.	27.9	75.9	30.8	62.7	31.7	64.5	33.3	60
07/07/2016	01:00 a. m.	27.8	74.6	30.5	62.7	31.7	63.5	33.3	58.1
07/07/2016	02:00 a. m.	27.6	76	30.4	64	31.6	63.8	33.2	56.4
07/07/2016	03:00 a. m.	27	84.6	30.3	67.5	31.7	64.3	33.3	55.2
07/07/2016	04:00 a. m.	27.1	82.6	30	67.8	31.7	63.2	33.1	53.9
07/07/2016	05:00 a. m.	26.9	83.9	29.8	69	31.6	63.7	33.1	54.1
07/07/2016	06:00 a. m.	26.8	84.5	29.7	69	31.6	63.6	33	54.2
07/07/2016	07:00 a. m.	27.4	78.6	29.7	67	31.6	63.3	32.9	53.9
07/07/2016	08:00 a. m.	29.3	71.7	31	64.2	31.5	62.4	32.8	53.9
07/07/2016	09:00 a. m.	31.4	64.2	32.5	59.9	31.5	61.5	32.8	53.2
07/07/2016	10:00 a. m.	33.5	57.2	34.3	54.8	31.5	61.8	32.9	56.1
07/07/2016	11:00 a. m.	35.5	49.4	35.4	49.5	31.6	61.1	33.2	53.9
07/07/2016	12:00 p. m.	36.9	45.2	36.1	46.9	31.7	59.3	33.9	51.3
07/07/2016	01:00 p. m.	37.3	43.2	36.7	45.4	31.8	59.7	34.3	49.9
07/07/2016	02:00 p. m.	38.6	39.3	37.1	42.2	31.8	58.2	34.5	47.5
07/07/2016	03:00 p. m.	37.4	45.5	37.2	45.9	32.2	61.3	34.5	51.1
07/07/2016	04:00 p. m.	36.7	42	36.5	43.7	32.4	63.1	34.3	48.9
07/07/2016	05:00 p. m.	36.5	39.6	36.1	41.4	32.6	58.7	34.1	46.1
07/07/2016	06:00 p. m.	35.5	38.8	35.4	40.2	32.8	58.8	34.1	49.6
07/07/2016	07:00 p. m.	33.9	44.7	34.3	45.6	32.5	56.5	33.9	52.9
07/07/2016	08:00 p. m.	32.9	48.4	33.8	46.7	32.3	55.8	33.9	59.7
07/07/2016	09:00 p. m.	32	53.9	33.5	49.5	32.4	56.5	33.9	54.2
07/07/2016	10:00 p. m.	31.3	56	33.2	50.6	32.3	56.6	33.9	53.9
07/07/2016	11:00 p. m.	31.2	57.1	31.7	61.6	32.3	58.3	34	51.5

ESTACIÓN METEOROLÓGICA				ZONA A		ZONA B		ZONA C	
08/07/2016	12:00 a. m.	31	58.7	32.3	55.9	32.2	59.7	34	51.3
08/07/2016	01:00 a. m.	30.7	59.5	32.3	55.2	32.2	60.6	34	50.7
08/07/2016	02:00 a. m.	30.4	62.1	32.2	55.6	32.2	60.7	34	53.2
08/07/2016	03:00 a. m.	29.9	64.7	32.1	56.8	32.2	59.7	33.9	51.2
08/07/2016	04:00 a. m.	29.6	67.9	31.9	58.4	32.2	59.5	33.9	50.9
08/07/2016	05:00 a. m.	29.2	71	31.7	60.3	32.1	59.3	33.8	50.7
08/07/2016	06:00 a. m.	29.1	72	31.5	61.4	32.1	59.7	33.7	50.6
08/07/2016	07:00 a. m.	29	72.8	31.4	61.8	32.1	59.4	33.7	50.4
08/07/2016	08:00 a. m.	29.9	69.6	31.7	61.9	32	59.8	33.6	50.7
08/07/2016	09:00 a. m.	32.8	60.6	34.2	54	32	59.2	33.6	50.9
08/07/2016	10:00 a. m.	35	49.7	35.5	49.2	32	58.1	33.6	49.2
08/07/2016	11:00 a. m.	36.4	45.4	36.3	45.6	32.3	58.6	34.2	49.3
08/07/2016	12:00 p. m.	37	42.5	36.8	43.6	32.4	55.8	34.7	47.1
08/07/2016	01:00 p. m.	38.4	39.9	37.3	43.2	32.8	56.9	35.2	46.7
08/07/2016	02:00 p. m.	39	36.1	37.7	39.9	32.7	55.7	36	42.8
08/07/2016	03:00 p. m.	39.6	36.2	37.7	40.1	32.7	54.7	36.1	42.7
08/07/2016	04:00 p. m.	38.3	38.7	37.4	40.9	32.9	59.3	35.4	44.9
08/07/2016	05:00 p. m.	36.7	39.5	36.2	41.2	33.2	52	34.9	44.3
08/07/2016	06:00 p. m.	35.2	39.9	35.5	39.9	33.1	50.9	34.7	43.8
08/07/2016	07:00 p. m.	33.9	43.2	34.7	42	32.9	50.8	34.6	43.2
08/07/2016	08:00 p. m.	33.1	43.2	34.3	41.3	32.7	50.4	34.6	46
08/07/2016	09:00 p. m.	32.4	47.4	34.1	44	32.7	52.2	34.6	45.3
08/07/2016	10:00 p. m.	32	49.7	33.8	46	32.7	53.2	34.6	45
08/07/2016	11:00 p. m.	31.7	51.1	33.6	45.8	32.6	54.6	34.7	46.1

ESTACIÓN METEOROLÓGICA				ZONA A		ZONA B		ZONA C	
09/07/2016	12:00 a. m.	30.9	55.1	33.3	48.8	32.6	55.1	34.7	47
09/07/2016	01:00 a. m.	30.7	56.7	33	49.6	32.6	55.8	34.8	47.2
09/07/2016	02:00 a. m.	30.1	59.7	32.8	51.5	32.5	56.2	34.8	47.1
09/07/2016	03:00 a. m.	29.5	67.4	32.6	56.3	32.5	56.5	34.8	46.2
09/07/2016	04:00 a. m.	29.1	73.2	32.4	59.4	32.6	56.1	34.7	45.4
09/07/2016	05:00 a. m.	28.7	74.9	32.1	59.4	32.5	56.8	34.6	45.7
09/07/2016	06:00 a. m.	28.7	70.4	31.8	55.5	32.4	57.3	34.6	45.8
09/07/2016	07:00 a. m.	29.7	63.2	31.9	55.6	32.4	57.6	34.4	46.1
09/07/2016	08:00 a. m.	33.1	56.5	33.5	53.6	32.3	56.9	34.4	46.4
09/07/2016	09:00 a. m.	34.9	49.4	34.8	48.8	32.3	55.7	34.4	46.8
09/07/2016	10:00 a. m.	35.8	45.1	36.2	44.9	32.3	54.2	34.4	46.2
09/07/2016	11:00 a. m.	37.9	37	37	40.2	32.3	55	34.3	45.4
09/07/2016	12:00 p. m.	38.9	36.1	37.4	39.9	32.7	52.7	35.5	42.5
09/07/2016	01:00 p. m.	40	34.6	38.2	38.9	32.8	52.5	36.4	41.7
09/07/2016	02:00 p. m.	41.6	32.2	38.2	38.2	33.1	52.6	36.8	40.5
09/07/2016	03:00 p. m.	40	37.9	38.2	40.7	33.1	54.3	36.8	43.3
09/07/2016	04:00 p. m.	38.9	38.7	38.3	39.8	33.1	55.6	36.5	43.4
09/07/2016	05:00 p. m.	38.1	38.9	37.5	39.8	33.2	55.3	36.1	42.9
09/07/2016	06:00 p. m.	36.7	38.5	36.5	39.6	33.2	56.5	35.7	41.5
09/07/2016	07:00 p. m.	35.2	41.1	34.9	46.8	33.2	50.2	35.3	41.9
09/07/2016	08:00 p. m.	34.3	41.6	34.7	43.1	33.2	53.2	35.2	43.3
09/07/2016	09:00 p. m.	33.6	46	34.4	45	33.1	53.1	35.1	45.1
09/07/2016	10:00 p. m.	33.2	47.4	34.3	45.2	33.1	52.4	35.4	59.3
09/07/2016	11:00 p. m.	32.8	48.5	33.9	46.3	33.1	51.7	35.4	50.2

ESTACIÓN METEOROLÓGICA					ZONA A			ZONA B			ZONA C	
14/07/2016	12:00 a. m.	24.7	94.2		27.7	76		30	71.4		30.8	65.4
14/07/2016	01:00 a. m.	25.1	91.2		27.5	76.4		30	70.4		30.8	64.9
14/07/2016	02:00 a. m.	24.7	93.9		27.9	74.9		30.4	69.8		31	64.2
14/07/2016	03:00 a. m.	25.1	91.8		28.1	74.1		30.4	69.2		31.2	62.8
14/07/2016	04:00 a. m.	25	90.7		27.8	74.4		30.5	68.5		31.2	62.2
14/07/2016	05:00 a. m.	25	93		27.7	75.4		30.5	68.2		31.2	61.8
14/07/2016	06:00 a. m.	25.6	90.7		27.9	76		30.4	67.9		31.2	61.3
14/07/2016	07:00 a. m.	26.9	86.1		28.2	76.5		30.4	67.9		31.1	61.4
14/07/2016	08:00 a. m.	28.7	77.9		29.9	72.1		30.4	67.6		31	61.1
14/07/2016	09:00 a. m.	31.5	68.3		31.4	66.6		30.4	66.9		31	60.5
14/07/2016	10:00 a. m.	33.7	60.4		32.6	62.9		30.5	66		31	59.6
14/07/2016	11:00 a. m.	33.9	58.3		33.5	59.7		30.7	70.4		31.3	65.2
14/07/2016	12:00 p. m.	35.6	52.5		34.2	57.1		31	67.6		32.1	63.1
14/07/2016	01:00 p. m.	36.1	49.9		34.4	55.7		31.3	65.8		32.4	60.7
14/07/2016	02:00 p. m.	37.4	46.8		34.7	53.5		31.4	64.7		32.8	58.1
14/07/2016	03:00 p. m.	36.9	47.6		34.6	53.9		31.3	64.7		32.9	57.4
14/07/2016	04:00 p. m.	36	53.1		33.9	57.8		31.4	67		32.7	60.5
14/07/2016	05:00 p. m.	35.7	51.7		33.8	57.4		31.4	70.2		32.4	62.3
14/07/2016	06:00 p. m.	33.9	54.2		33	56.8		31.7	67.6		32.1	59.3
14/07/2016	07:00 p. m.	31.9	63.1		32.3	62.4		31.5	67		32	60
14/07/2016	08:00 p. m.	31	69.4		31.9	65		31.6	69.7		32.1	60.6
14/07/2016	09:00 p. m.	30.6	73.2		33	64.3		31.4	71.3		32.1	62.6
14/07/2016	10:00 p. m.	30.5	74.4		31.4	69.8		31.4	71.2		32.2	61.8
14/07/2016	11:00 p. m.	30.6	73.8		31.6	67.8		31.4	70		32.1	60.4

## 8.10 Datos para análisis de funcionamiento de chimenea solar

FECHA	HORA	TEMP. ZONA B	HR ZONA B	TEMP. ZONA C	HR ZONA C
09-15-2016	00:00:11	31.3	76.9	31.4	72.3
09-15-2016	01:00:11	31.3	77.4	31.3	73.4
09-15-2016	02:00:11	31.3	77.1	31.2	73.2
09-15-2016	03:00:11	31.3	77.4	31.2	73.9
09-15-2016	04:00:11	31.2	77.4	31.1	72.8
09-15-2016	05:00:11	31.1	77.3	31.1	73
09-15-2016	06:00:11	31.1	77.3	31	72.8
09-15-2016	07:00:11	31.1	78.8	31	74
09-15-2016	08:00:11	31.1	79	30.9	73.9
09-15-2016	09:00:11	31.1	79	31.2	76.8
09-15-2016	10:00:11	31.4	79.2	31.6	76.1
09-15-2016	11:00:11	31.6	78.5	32.2	74.4
09-15-2016	12:00:11	32.1	76.4	32.8	71.4
09-15-2016	13:00:11	32	74.4	33.1	67.9
09-15-2016	14:00:11	31.9	77	33.2	71.2
09-15-2016	15:00:11	31.9	79.7	32.6	74.9
09-15-2016	16:00:11	32.1	80.6	32.4	77.2
09-15-2016	17:00:11	32.1	79.4	32.1	75.4
09-15-2016	18:00:11	32	77.1	32.1	75.2
09-15-2016	19:00:11	32.1	78.5	32.1	75.5
09-15-2016	20:00:11	31.9	78.1	32.1	73.9
09-15-2016	21:00:11	31.8	78.6	31.9	76
09-15-2016	22:00:11	31.8	78.7	31.8	76
09-16-2016	00:00:03	32.2	75.5	31.6	73.6
09-16-2016	01:00:03	31.6	74.4	31.6	72.7
09-16-2016	02:00:03	31.6	74.1	31.5	72.5
09-16-2016	03:00:03	31.6	74.2	31.4	72.3
09-16-2016	04:00:03	31.4	74.5	31.4	71.2
09-16-2016	05:00:03	31.4	74.6	31.3	71.3
09-16-2016	06:00:03	31.4	74.8	31.2	70.7
09-16-2016	07:00:03	31.3	75.2	31.2	71
09-16-2016	08:00:03	31.3	75.8	31.1	72.3
09-16-2016	09:00:03	31.3	77.1	31.2	74.8
09-16-2016	10:00:03	31.5	76.9	31.5	75.1
09-16-2016	11:00:03	31.6	75.8	31.9	72.5
09-16-2016	12:00:03	32.2	75.9	31.9	74.3
09-16-2016	13:00:03	32	74.6	32.4	70.9
09-16-2016	14:00:03	32	74	33	69.4
09-16-2016	15:00:03	32	75.6	32.9	70.5
09-16-2016	16:00:03	32	77.6	32.1	76.2



09-16-2016	17:00:03	31.9	82.5	31.8	78.3
09-16-2016	18:00:03	31.8	81	32	76.6
09-16-2016	19:00:03	32	79.5	31.9	76.6
09-16-2016	20:00:03	31.9	78.2	31.9	75.5
09-16-2016	21:00:03	31.9	75.8	31.8	73.6
09-16-2016	22:00:03	31.8	73.8	31.8	73.3
09-16-2016	23:00:03	31.8	76	31.8	71.5
09-17-2016	00:00:03	31.7	75.2	31.8	71.8
09-17-2016	01:00:03	31.6	78.2	31.9	73
09-17-2016	02:00:03	31.9	79.1	31.9	75.7
09-17-2016	03:00:03	31.7	78.3	31.7	72.4
09-17-2016	04:00:03	31.7	78	31.7	72.1
09-17-2016	05:00:03	31.6	77.8	31.6	71.8
09-17-2016	06:00:03	31.5	77.7	31.6	71.7
09-17-2016	07:00:03	31.5	77.7	31.5	71.6
09-17-2016	08:00:03	31.5	78.2	31.5	73.6
09-17-2016	09:00:03	31.5	76.1	31.5	74.2
09-17-2016	10:00:03	31.5	75.8	31.6	73.1
09-17-2016	11:00:03	31.7	74.7	31.8	72.1
09-17-2016	12:00:03	32	75.7	32	72.8
09-17-2016	13:00:03	32.3	73.3	32.4	68.4
09-17-2016	14:00:03	32.2	73.9	32.3	71
09-17-2016	15:00:03	32	73.2	32.8	68.7
09-17-2016	16:00:03	32	72.6	32.5	69.1
09-17-2016	17:00:03	32.1	71.3	32.3	67.6
09-17-2016	18:00:03	32.3	71.4	32.2	64.5
09-17-2016	19:00:03	32.1	66.4	32.1	63.3
09-17-2016	20:00:03	32.1	66.3	32.1	63.8
09-17-2016	21:00:03	32.2	69	32	66.4
09-17-2016	22:00:03	32.1	69.4	32.1	66.6
09-17-2016	23:00:03	31.9	78.3	32.1	73.3
09-18-2016	00:00:03	31.8	78.7	32.2	73.3
09-18-2016	01:00:03	31.2	71.7	31.8	68.5
09-18-2016	02:00:03	31	76.9	31.5	74.1
09-18-2016	03:00:03	30.7	75.2	31.3	72.3
09-18-2016	04:00:03	30.7	78.6	30.9	76
09-18-2016	05:00:03	30.5	73.5	29.9	66.7
09-18-2016	06:00:03	30.7	72.5	30.1	69
09-18-2016	07:00:03	30.2	73.7	30.6	69.8
09-18-2016	08:00:03	30.1	74.5	30.2	70.3
09-18-2016	09:00:03	30.1	75.1	30.4	71
09-18-2016	10:00:03	30.1	75.3	29.9	72.1
09-18-2016	11:00:03	30.1	76.1	30	73.5

09-18-2016	12:00:03	30.2	78	30.3	73.8
09-18-2016	13:00:03	30.3	76.8	30.5	73.9
09-18-2016	14:00:03	30.5	79	30.5	73.5
09-18-2016	15:00:03	30.5	76.6	30.5	72.5
09-18-2016	16:00:03	30.5	77.2	30.4	72.9
09-18-2016	17:00:03	30.4	76.7	30.4	74
09-18-2016	18:00:03	30.4	77	30.4	74.7
09-18-2016	19:00:03	30.4	76.9	30.4	74.6
09-18-2016	20:00:03	30.4	75.6	30.3	73.9
09-18-2016	21:00:03	30.3	76.1	30.3	73.8
09-18-2016	22:00:03	30.2	74.7	30.3	72.3
09-18-2016	23:00:03	30.3	76.2	30.3	72.4
09-19-2016	00:00:03	30.2	77.3	30.2	73.4
09-19-2016	01:00:03	30	81.1	30.2	75.3
09-19-2016	02:00:03	30.2	79.1	30.1	75.2
09-19-2016	03:00:03	30.2	78.6	30	74.7
09-19-2016	04:00:03	30.2	77.4	29.9	74.3
09-19-2016	05:00:03	30.1	77.1	29.9	73.8
09-19-2016	06:00:03	30.2	77	29.8	73.9
09-19-2016	07:00:03	30.1	76.9	29.7	73.7
09-19-2016	08:00:03	29.9	78.1	29.6	75.6
09-19-2016	09:00:03	29.6	82	29.4	80.9
09-19-2016	10:00:03	29.9	80.6	29.5	77.4
09-19-2016	11:00:03	30.1	77.5	29.9	74.4
09-19-2016	12:00:03	30.2	76.5	30.4	74.1
09-19-2016	13:00:03	30.5	74.9	31	70.5
09-19-2016	14:00:03	31	74.4	30.8	72.3
09-19-2016	15:00:03	30.6	77.2	30.6	72.6
09-19-2016	16:00:03	31.5	75.3	30.6	75.4
09-19-2016	17:00:03	31.2	77.1	30.5	76.8
09-19-2016	18:00:03	30.9	77.1	30.3	76.5
09-19-2016	19:00:03	30.8	77.6	30.1	76.4
09-19-2016	20:00:03	31.1	78.7	30	78.9
09-19-2016	21:00:03	30.9	73.9	30.3	78.3
09-19-2016	22:00:03	30.7	72.1	30.1	76.3
09-19-2016	23:00:03	30.5	72.9	30	74.2
09-20-2016	00:00:03	30.6	76.1	30	74.1
09-20-2016	01:00:03	30.5	75.3	29.9	74.2
09-20-2016	02:00:03	30.5	75.3	29.9	73.3
09-20-2016	03:00:03	30.5	75.3	29.8	73.5
09-20-2016	04:00:03	30.5	75	29.7	73.5
09-20-2016	05:00:03	30.4	74.9	29.7	72.6
09-20-2016	06:00:03	30.3	74.8	29.6	73.7

09-20-2016	07:00:03	30.3	74.8	29.5	73.8
09-20-2016	08:00:03	30.2	77	29.5	76.8
09-20-2016	09:00:03	30.2	76.3	29.5	76.3
09-20-2016	10:00:03	30.2	75.9	29.7	74.8
09-20-2016	11:00:03	30.5	77.6	29.8	77.3
09-20-2016	12:00:03	30.7	74.4	29.8	75.7
09-20-2016	13:00:03	30.8	76	30	75.5
09-20-2016	14:00:03	31	76.4	30.1	76.3
09-20-2016	15:00:03	30.8	75.6	30.1	75
09-20-2016	16:00:03	31.3	76.3	30.3	74.9
09-20-2016	17:00:03	31.4	77.5	30.3	77.8
09-20-2016	18:00:03	31.5	75.3	30.3	77.1
09-20-2016	19:00:03	31.3	76.2	30.3	76.6
09-20-2016	20:00:03	31.3	77.4	30	77.6
09-20-2016	21:00:03	31.2	78.4	30.2	78.2
09-20-2016	22:00:03	31.1	78.8	30.2	78.4
09-20-2016	23:00:03	31.1	77.8	30.4	76.9
09-21-2016	00:00:03	31	77.5	30.3	75.4
09-21-2016	01:00:03	31	76.8	30.2	74.4
09-21-2016	02:00:03	31	77.1	30.3	74.9
09-21-2016	03:00:03	30.9	77.2	30.2	75.3
09-21-2016	04:00:03	30.8	77.3	30.2	75.5
09-21-2016	05:00:03	30.7	77.3	30.1	75.5
09-21-2016	06:00:03	30.7	77.3	30.1	75.8
09-21-2016	07:00:03	30.7	77.2	30	75.6
09-21-2016	08:00:03	30.6	78.8	29.9	78.2
09-21-2016	09:00:03	30.7	80.1	30	79.7
09-21-2016	10:00:03	30.9	85	30	85
09-21-2016	11:00:03	31.1	85.5	30.1	85
09-21-2016	12:00:03	31.2	83.6	30.3	82.6
09-21-2016	13:00:03	31.3	82.5	30.3	81.7
09-21-2016	14:00:03	31.2	82.5	30.4	81.5
09-21-2016	15:00:03	31.3	81.7	30.5	80.7
09-21-2016	16:00:03	31.3	82.2	30.6	79.6
09-21-2016	17:00:03	31.5	82.6	30.5	83.5
09-21-2016	18:00:03	31.9	83.9	30.7	83.5
09-21-2016	19:00:03	31.7	82	30.5	83.5
09-21-2016	20:00:03	31.5	81.7	30.6	82.4
09-21-2016	21:00:03	31.4	79.8	30.6	80.4
09-21-2016	22:00:03	31.2	78.2	30.7	77.9
09-21-2016	23:00:03	31.3	78.5	30.7	77.7
09-22-2016	00:00:03	31.3	78.6	30.7	76.4
09-22-2016	01:00:03	31.1	78.5	30.6	74.8

09-22-2016	02:00:03	31.1	78.6	30.5	75.4
09-22-2016	03:00:03	31	78.8	30.5	75.3
09-22-2016	04:00:03	30.9	78.9	30.4	76.2
09-22-2016	05:00:03	30.9	79.2	30.4	77
09-22-2016	06:00:03	30.8	79.7	30.2	77.9
09-22-2016	07:00:03	30.7	80.5	30.2	78.9
09-22-2016	08:00:03	30.6	79.3	30.1	79.4
09-22-2016	09:00:03	29.8	78	30	76
09-22-2016	10:00:03	30.4	78.4	30.1	76.8
09-22-2016	11:00:03	30.7	75.4	30	76.5
09-22-2016	12:00:03	31	73.8	30.1	75
09-22-2016	13:00:03	31.3	71.2	30.3	74
09-22-2016	14:00:03	31.1	74.2	30.1	74.4
09-22-2016	15:00:03	31	72.4	30.3	73.3
09-22-2016	16:00:03	30.9	73.7	30.3	73.3
09-22-2016	17:00:03	31.5	72.9	30.3	74.5
09-22-2016	18:00:03	31.2	73.5	30.3	75.5
09-22-2016	19:00:03	31	75.4	30.2	75.1
09-22-2016	20:00:03	30.9	74.8	30.1	75
09-22-2016	21:00:03	30.8	75.9	30	76.2
09-22-2016	22:00:03	30.7	75.7	30.1	75.5
09-22-2016	23:00:03	30.8	77.4	30	76.4

## 8.11 Datos para análisis de incorporación de plantas al proyecto

Nota: se señala en color verde el momento en el que las plantas son incorporadas.

FECHA	HORA	ZONA A		EST. MET. CON F.C.	
		TEMP.	RH	TEMP.	RH
09-17-2016	00:00:09	31.1	74.2	30.5	77
09-17-2016	01:00:09	31	78.2	29.5	87.8
09-17-2016	02:00:09	30.8	78.3	29.3	88
09-17-2016	03:00:09	30.6	79.5	28.9	90.8
09-17-2016	04:00:09	30.4	80.4	28.6	92.7
09-17-2016	05:00:09	30.2	80.8	28.3	93.6
09-17-2016	06:00:09	30	81.1	28.1	94.1
09-17-2016	07:00:09	30.2	81.2	28.8	92.5
09-17-2016	08:00:09	31	80	30.8	82.8
09-17-2016	09:00:09	31.9	76.3	32.7	72.3
09-17-2016	10:00:09	32.3	74.3	34.3	67
09-17-2016	11:00:09	33.4	70.6	34.7	64
09-17-2016	12:00:09	33.2	71.8	34.7	64.4
09-17-2016	13:00:09	34.4	64.9	36.4	56.4
09-17-2016	14:00:09	33.8	67.8	35.4	62.4
09-17-2016	15:00:09	34	66.6	35.7	60.3
09-17-2016	16:00:09	33.6	66.9	35.4	60.4
09-17-2016	17:00:09	33.4	64.4	35.3	57.9
09-17-2016	18:00:09	32.9	62.3	33.3	58.7
09-17-2016	19:00:09	32.4	62.5	32.7	59.7
09-17-2016	20:00:09	32.1	63.3	31.2	64.3
09-17-2016	21:00:09	31.7	66.2	30.5	70.9
09-17-2016	22:00:09	31.7	66.8	31	68.4
09-17-2016	23:00:09	30.9	81.4	28	94.9
09-18-2016	00:00:09	30.4	81.4	26.8	100
09-18-2016	01:00:09	28.7	76.7	24.3	95
09-18-2016	02:00:09	28.7	80.9	23.8	100
09-18-2016	03:00:09	28.5	79.1	23.7	100
09-18-2016	04:00:09	28.2	79.1	23.5	100
09-18-2016	05:00:09	28	78.8	23.7	100
09-18-2016	06:00:09	27.7	80.3	24.2	100
09-18-2016	07:00:09	27.5	81	24.7	96.2
09-18-2016	08:00:09	27.5	81.3	25.4	92.2
09-18-2016	09:00:09	27.7	81.6	25.8	92.8
09-18-2016	10:00:09	28.3	80.6	27.1	87.5
09-18-2016	11:00:09	28.7	81.2	27.8	86.4
09-18-2016	12:00:09	29.2	83.1	29.2	80.4

09-18-2016	13:00:09	29.9	79.8	31.4	70.5
09-18-2016	14:00:09	30	80	31.7	72.3
09-18-2016	15:00:09	30.3	77.3	31.4	72.4
09-18-2016	16:00:09	29.9	80	30.8	72.3
09-18-2016	17:00:09	29.9	78.5	30.9	73.7
09-18-2016	18:00:09	29.6	78.9	30.2	77.3
09-18-2016	19:00:09	29.4	78.7	29.8	75.8
09-18-2016	20:00:09	29.3	76.9	29.7	73.3
09-18-2016	21:00:09	29.2	78.5	29	78.4
09-18-2016	22:00:09	29	76.4	28.9	76.4
09-18-2016	23:00:09	28.9	80.3	27.6	89.5
09-19-2016	00:00:09	28.8	81.2	27.2	93
09-19-2016	01:00:09	28.7	85.2	26.8	98.6
09-19-2016	02:00:09	28.3	86	26.5	98.8
09-19-2016	03:00:09	28.1	85.7	26.3	98.3
09-19-2016	04:00:09	27.9	82.1	25.5	94.8
09-19-2016	05:00:09	27.6	84.7	25.4	98
09-19-2016	06:00:09	27.6	85.4	25.8	97.1
09-19-2016	07:00:09	27.6	85.6	26	96.1
09-19-2016	08:00:09	27.9	85	26.6	93.6
09-19-2016	09:00:09	28.4	85.2	28	88.6
09-19-2016	10:00:09	30	80.5	31	75
09-19-2016	11:00:09	30.4	76.4	33.1	66.2
09-19-2016	12:00:09	31.4	74.9	33.9	64.1
09-19-2016	13:00:09	31.6	71.7	34.1	60.5
09-19-2016	14:00:09	31.3	73.4	34.5	60.6
09-19-2016	15:00:09	30.4	75.9	33.8	62.6
09-19-2016	16:00:09	30.8	76.7	33.3	68.5
09-19-2016	17:00:09	30.6	78.5	32.9	71.6
09-19-2016	18:00:09	30.5	77.3	32.3	71.3
09-19-2016	19:00:09	30.2	79.7	31.1	77.8
09-19-2016	20:00:09	30	81.6	30.3	82.4
09-19-2016	21:00:09	29.8	75.5	29.9	72.4
09-19-2016	22:00:09	29.5	73.3	28.8	75.7
09-19-2016	23:00:09	29.4	75.8	28.1	81.2
09-20-2016	00:00:09	30.4	86.5	28	82.7
09-20-2016	01:00:09	29.5	76.2	27.5	85.9
09-20-2016	02:00:09	29.1	79.3	26.7	93.1
09-20-2016	03:00:09	28.9	78.6	26.9	89.5
09-20-2016	04:00:09	28.6	79.3	26.5	91.1
09-20-2016	05:00:09	28.3	80.1	25.9	94.3
09-20-2016	06:00:09	28.3	79	26.4	89.5
09-20-2016	07:00:09	28.5	80.1	27.5	86.3

09-20-2016	08:00:09	29	80.9	29.4	79.5
09-20-2016	09:00:09	29.4	78.1	31.1	71.6
09-20-2016	10:00:09	30.1	76	32.2	68.2
09-20-2016	11:00:09	31.2	75.5	32.9	67.3
09-20-2016	12:00:09	31.6	68.6	33.9	58.1
09-20-2016	13:00:09	32.1	71.2	34.7	60.6
09-20-2016	14:00:09	32.1	69	36.2	55.8
09-20-2016	15:00:09	32	68.9	36.2	53.9
09-20-2016	16:00:09	31.4	70.9	35.4	55.8
09-20-2016	17:00:09	31.5	72.5	34.3	63.2
09-20-2016	18:00:09	31.3	72.2	33	65.9
09-20-2016	19:00:09	30.9	75.4	31.6	74
09-20-2016	20:00:09	30.7	77.2	30.9	76.9
09-20-2016	21:00:09	30.4	78.8	30.4	79.9
09-20-2016	22:00:09	30.3	79	30.1	80.5
09-20-2016	23:00:09	30.1	78.5	30	79.9
09-21-2016	00:00:09	30.1	78	29.9	79
09-21-2016	01:00:09	29.9	79.4	29.4	84
09-21-2016	02:00:09	29.7	80.7	28.3	90.5
09-21-2016	03:00:09	29.4	81.5	27.6	94.3
09-21-2016	04:00:09	29.3	82	27.4	95.2
09-21-2016	05:00:09	29.1	82.5	27.4	95.2
09-21-2016	06:00:09	29	82.8	27.6	93.9
09-21-2016	07:00:09	29.3	83	28.6	89.9
09-21-2016	08:00:09	29.5	81.8	29.7	82.4
09-21-2016	09:00:09	30	82.9	31.4	76.9
09-21-2016	10:00:09	30	90.1	32.1	76.4
09-21-2016	11:00:09	30.5	87.6	33.1	71.4
09-21-2016	12:00:09	31.2	83.5	34.3	66.2
09-21-2016	13:00:09	31.8	80.3	35.3	65.7
09-21-2016	14:00:09	31.4	79.4	35.7	63.3
09-21-2016	15:00:09	31.8	78.5	36.2	60.8
09-21-2016	16:00:09	31.6	77.5	35.9	58.5
09-21-2016	17:00:09	31.3	80.6	32.1	79.4
09-21-2016	18:00:09	30.9	82.3	31.5	80.6
09-21-2016	19:00:09	30.7	82.7	30.9	83.1
09-21-2016	20:00:09	30.5	82.3	30.7	81.6
09-21-2016	21:00:09	30.4	78.7	30.6	76.6
09-21-2016	22:00:09	30.3	78.5	30.3	78
09-21-2016	23:00:09	30.2	79.7	30	80.6